

基于 RTR 的遥测数据实时处理软件的设计与实现

杨 哲, 王 鹏, 徐 茜
(中国飞行试验研究院, 西安 710089)

摘要: 为了对飞行遥测数据进行实时处理, 以 Qt 为软件开发平台, 采用直接接收宽带遥测接收机 (RTR) 发送的网络遥测数据包的方法, 结合机载测试系统的采集格式、参数测试信息、校准信息和 ICD 信息, 完成遥测数据的实时解算、工程量转换和原始数据保存, 同时将关心的参数物理量通过网络实时的发送给客户端监控软件, 以供试飞工程师进行实时监控; 实际试验试飞结果表明, 此软件运行稳定和数据准确可靠, 完全满足实时监控的需求, 具有良好的实用性和发展前景。

关键词: 遥测数据; RTR; 实时处理; Qt; 飞行试验

Design and Realization of Telemetry Data Real-time Processing Software Based on RTR

Yang Zhe, Wang Peng, Xu Qian
(Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: To dispose the telemetry real-time data, by receiving network telemetry data from Radio Telemetry Receiver (RTR) directly, the soft based on Qt finish the functions of real-time calculating、quantities conversion and save raw data combined airborne test system acquisition formats、parametric test information、calibration information and ICD information, while the physical parameters of interest in real time sent to the client monitoring software for real-time monitoring of flight test engineer through the network. Experimental results shows the soft run stabilitiesly and the data is integrity and reliable, which is satisfied with the real-time monitoring and has good availability and development potential.

Keywords: telemetry data; RTR; real-time processing; Qt; flight test

0 引言

在飞行试验中, 遥测实时监控系统可以大大提高试飞效率, 避免了各种飞行事故, 甚至是机毁人亡的重大事故, 它发挥着不可替代的作用。而遥测数据实时处理又是其中的一个重要环节, 它的实时性和准确性直接关系到飞行试验的安全性。

传统的遥测数据实时处理系统是通过接收 RTR (宽带遥测接收机) 解调后的遥测基带 PCM 数据流, 再由专用的信号解调板对 PCM 信号进行同步和反变换加工处理^[1]。现在基于 PCM 解调板卡种类多, 这就需要针对特定的板卡进行软件研制, 虽暂时能满足实时处理的需求, 但都存在着开发周期长、系统成本高、维护不方便等缺点; 同时遥测信号经过电缆送到各个监控大厅再由专用的服务器进行数据解调, 在传输的过程中遥测信号强度会随距离的增加而衰减, 从而导致遥测数据信号质量的下降。

针对以上问题, 本文采用直接接收 RTR 已经同步和解调好的网络遥测数据包, 完成工程量的解算。实时监控系統構成如图 1 所示。

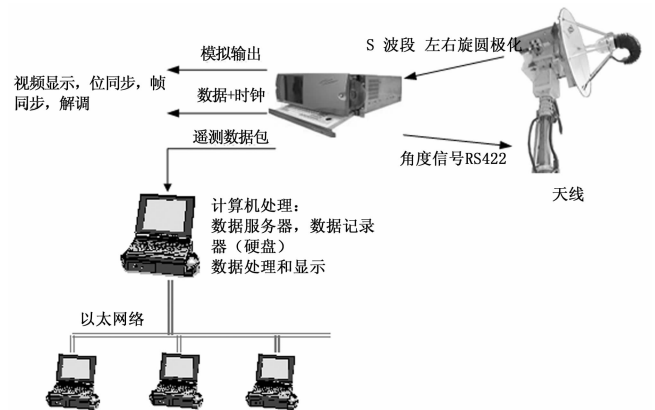


图 1 实时监控系統構成

1 软件设计原理

1.1 通信协议

要得到遥测数据, 首先需要了解 RTR 遥测数据网络通讯协议。根据 RTR 的相关技术资料, RTR 遥测数据传输必须由客户端通过 TCP 协议发送遥测请求包来触发, 之后 RTR 检查它的有效性并按要求发送遥测消息包给客户端。

遥测请求包结构^[2]如图 2 所示。

0x499602D2	0x40	0x02	0xB669FD2E
------------	------	------	-------	------------

图 2 遥测请求包结构

收稿日期:2015-06-16; 修回日期:2015-11-20。
作者简介:杨 哲(1985-),男,陕西西安人,硕士研究生,工程师,主要从事试飞数据处理及相关软件的开发方向的研究。

每个偏移量占 4 个字节，第一位和最后一位是 TCP/IP 数据包的包头和包尾，第二位表示这个数据包的大小，第三位代表向 RTR 接收机的哪个通道发出请求，因为 RTR 本身有 3 个通道供客户端选择。

根据 RTR 接收机的 TCP/IP 通信协议，遥测消息包可以从 3070 端口获取，因为 RTR 消息打包以及 RTR 打时标等原因，每个消息包的结构为：包头（64 字节）+ 遥测帧 + 包尾（4 字节），其结构如图 3 所示。

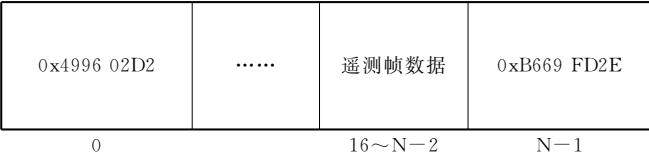


图 3 遥测消息包结构

具体结构可以参见 RTR 技术资料，最重要的是倒数第二位，因为这里存放着一个遥测子帧，N 的大小和遥测子帧的长度有关系，例如：如果遥测子帧长 64 字节，那么 N 就应该等于 33。

1.2 软件功能设计

在飞行试验时，遥测数据实时处理软件最核心的部分是实时准确的解算遥测数据，得到所有飞机参数的工程量数据，另外根据实际飞行试验需要，同时应具有把飞机的部分数据通过网络发送给客户端用于实时监控；有时为了查看某些参数的数值和变化规律，软件界面能实时显示参数的当前值并以曲线的形式显示参数的时间历程；数据保存和回放是以纯帧的形式保存在本地磁盘上，以便飞行完后，对感兴趣的飞行数据实现现场再现，完成特定时间段的数据回放。

基于 RTR 的遥测数据实时处理软件为了便于维护和日后升级，采用模块化设计思路，软件功能模块如图 4 所示。

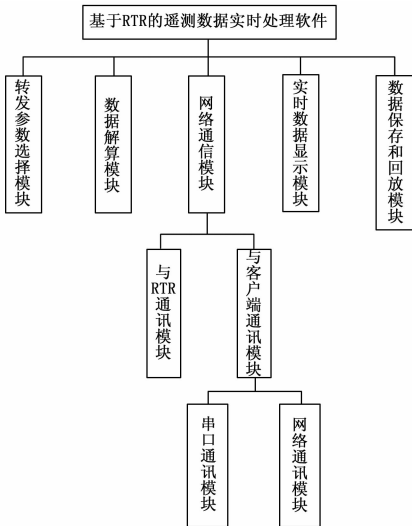


图 4 软件功能模块图

2 软件实现

软件的实现主要分为 2 大部分：获取完整的遥测数据和根据格式格栅文件对遥测数据进行实时解算。

2.1 获取完整的遥测数据

实际上，客户端通过 TCP 从 3070 端口获得网络数据包并

不是一个单独的完整的遥测消息包，使用 wireshark 网络封包分析软件抓取了大量的网络数据，如图 5 所示。

65	0.179175	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	hbc1 > msins [PSH, ACK] Seq=4465 Ack=21 Win=64275 Len=448
66	0.170384	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=32401 Ack=1 Win=65471 Len=1460
67	0.180397	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=33861 Ack=1 Win=65471 Len=160
68	0.180411	192.1.14.11	192.1.14.39	TCP	houdini-1m > mgxswitch [ACK] Seq=1 Ack=34021 Win=65335 Len=0
69	0.180579	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=34021 Ack=1 Win=65471 Len=648
70	0.200396	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=34669 Ack=1 Win=65471 Len=1460
71	0.200417	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=36129 Ack=1 Win=65471 Len=160
72	0.200419	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=36289 Ack=1 Win=65471 Len=1460
73	0.200422	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=37749 Ack=1 Win=65471 Len=160
74	0.200439	192.1.14.11	192.1.14.39	TCP	houdini-1m > mgxswitch [ACK] Seq=1 Ack=37909 Win=65335 Len=0
75	0.200781	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=37909 Ack=1 Win=65471 Len=1460
76	0.200787	192.1.14.39	192.1.14.11	TCP	mgxswitch > houdini-1m [PSH, ACK] Seq=39369 Ack=1 Win=65471 Len=160

图 5 实际的网络数据

从图 5 中可以看到 RTR 接收机每次实际发送过来的网络数据包大小不一致，这对后面判断数据包的有效性带来了困难，更为重要的是很难拼接出一个完整的遥测帧，这里，通过采用设置 TCP 读缓存区的大小为一个遥测请求包的大小，每次只接收一个遥测子帧，在 Qt 中可以通过下面的代码实现^[3]：

```
tcpSendSocket = new QTcpSocket(this);
.....
tcpSendSocket->setReadBufferSize(rtrDataCount * 2);
```

接着提取子帧中的 ID 字（ID 字是标识子帧在帧中的序号），通过循环判断 ID 字的连续性就可以拼接出一个完整的全帧，实现过程如图 6 所示。

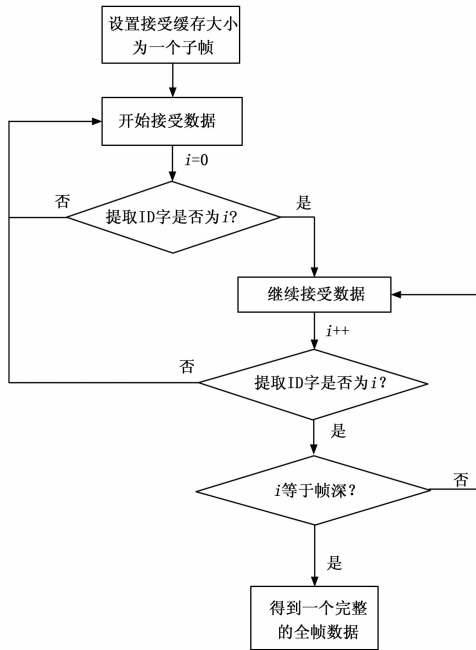


图 6 获取全帧的流程图

2.2 实时解算

在拼接出一个完整的全帧之后，需要在全帧中根据飞机的格式格栅文件进一步解析出各个参数的物理量，但当飞机参数量多的时候，需要较长的时间解算，这就有可能造成遥测数据的丢失和延迟，为了保证数据的实时性和完整性，本文采用多线程技术解决这个问题。

在 Qt 应用程序中提供多线程是非常简单的: 只需要子类化 QThread 并且重新实现其 run () 函数就可以了, 这样, 只需要在 run 函数中实现数据的解算。但实际应用中, 试图在子线程中调用 GUI 类是不可能的, 也就是说解算出来的数据不能直接显示在界面上。Qt 特有的跨线程的信号和槽机制打开了子线程和 GUI 线程通讯的方便之门^[4], 通常情况下, 信号和槽机制可以同步操作, 这就意味着在子线程解算完数据后, 采用信号与槽, 发射信号, GUI 界面上就可以显示结果了。

获得一个完整的全帧后, 就进入解析线程, 结合飞机的格式格栅信息, 解算数据, 具体的解算流程图如图 7 所示。

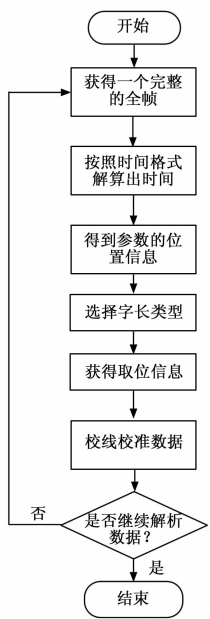


图 7 实时解算流程图

在获得实时的飞行数据后, 就可以在主界面上显示数据, 同时保存数据, 把部分关键参数数据发送给客户端子系统用于监控, 整个软件的设计流程图如图 8 所示。

3 软件应用

本软件集成了实时数据采集、显示、存储、网络发送、图形显示、数据回放等功能。既满足了遥测数据处理的实时性要求, 又能查看部分参数值和时间历程曲线。

4 结论

本文提出了一种基于 RTR 接收机的网络遥测数据实时处理的方法, 经过大量飞行试验证明, 本软件运行稳定和数据完整可靠, 不仅完全满足普通科目实时监控的要求, 而且经过改进满足颤振等特殊科目参数高采样的监控需要; 另外, 与现有实时数据处理方式相比, 具有配置简单, 使用灵活, 可以安装在局域网中的任意一台电脑上, 就可以构建一套遥测实时数据

(上接第 164 页)

参考文献:

[1] 陈春燕, 等. 基于 1553 总线的飞行器电气综合系统管理设计 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (6): 1865-1867.

[2] 徐贵贤. 1553B 总线简介及其实现 [J]. 通信技术, 2011, 44 (5): 166-168.

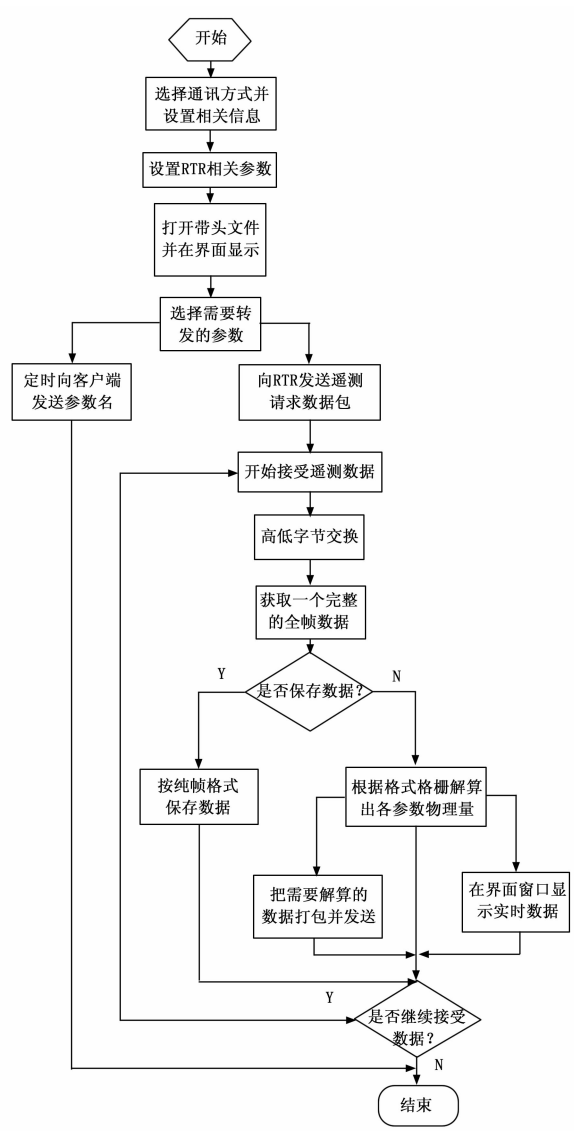


图 8 基于 RTR 的遥测数据实时处理软件逻辑流程图

处理系统, 更加符合监控资源网络化、分布式的发展趋势。

参考文献:

[1] 高陪先, 张俊芳, 乔东峰. 遥测实时系统深层次设计缺陷分析与测试 [J]. 电子测量技术, 2007 (2): 182-183.

[2] IN-SNEC, STI 100013_RTR [Z]. 2009.

[3] 闫锋欣, 曾泉人, 张志强. C++ GUI Qt 4 编程 (第二版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.

[4] 蔡志明, 卢传富, 李立夏. 精通 Qt4 编程 (第 2 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.

[3] 刘士全, 等. 1553B 总线应用发展研究 [J]. 电子与封装, 2013, 13 (12): 12-15.

[4] 陈 亮, 等. 基于 1553B 协议的导弹控制系统信息流设计探讨 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (8): 2180-2182.

[5] 杨 兵, 等. 一种 10 Mb/s1553B 总线接口的设计 [J]. 微电子学, 2012, 42 (6): 783-787.