

文章编号: 1672-2892(2010)04-0459-04

无人机机载 SAR 地面终端系统的设计

崔荣华, 刘永涛

(中国电子科技集团公司 第 38 研究所, 安徽 合肥 230088)

摘 要: 根据无人机机载合成孔径雷达(SAR)的无线通信特性, 对无人机机载 SAR 地面终端系统提出了一种设计方案, 详细介绍了系统实现中应用到的一些关键技术, 对多位面技术、双缓冲技术、多线程技术及内存映射技术进行了细致的探讨。应用结果表明, 该方案实现了图像处理与数据接收时间上的合理分配, 对今后无人机机载 SAR 地面终端系统的设计具有一定的参考价值。

关键词: 无人机; 机载; 内存映射; 双缓冲

中图分类号: TN957.52

文献标识码: A

Design of ground terminal system for Unmanned Aerial Vehicle airborne SAR

CUI Rong-hua, LIU Yong-tao

(The 38th Research Institute of CETC, Hefei Anhui 230088, China)

Abstract: Based on the wireless communication performance of Unmanned Aerial Vehicle(UAV) airborne Synthetic Aperture Radar(SAR), the design of ground terminal system for UAV airborne SAR is presented in this paper. The key techniques applied in the system are described in detail, and a deep research on Directdraw, double buffering, multithreading and memory mapping techniques is performed as well. Application result proves that the design has realized time reasonable assignment between image process and data receiving. This study will be of great value for designing of ground terminal system for UAV airborne SAR.

Key words: Unmanned Air Vehicle; airborne; memory mapping technique; double buffering

无人机机载合成孔径雷达的研究开始于 20 世纪 70 年代末 80 年代初, 到了 90 年代才真正形成产品。在 20 世纪 90 年代发生的几次局部战争中, 使用了大量的装载红外、光电侦察设备的无人侦察机, 为高技术条件下实现“无伤亡”现代战争提供了有力工具。但是, 光电侦察设备不能在恶劣气候条件下工作, 缺乏实时大面积连续成像能力, 受气候条件限制, 存在飞行高度过低、生存力有限等严重缺陷, 因而无人机机载合成孔径雷达必将成为未来战争中实现“无伤亡”侦察的重要手段, 在其广泛应用中如何构建一个功能强大、通信数据完整的地面终端系统则成为一个关键^[1]。

1 地面终端系统架构设计

1.1 系统组成

本系统主要实现了控制、通信、图像显示与雷达状态监测的功能。终端工控机通过交换机与飞控单元、情报处理单元、数据处理单元通信, 并通过飞控单元与无人机上的主控单元交换数据, 其架构形式如图 1 所示。

地面终端系统与其它各单元之间的通信关系:

a) 经由飞控单元往主控单元转发控制命令, 并接收机上主控单元回馈的工作状态等监测信息;

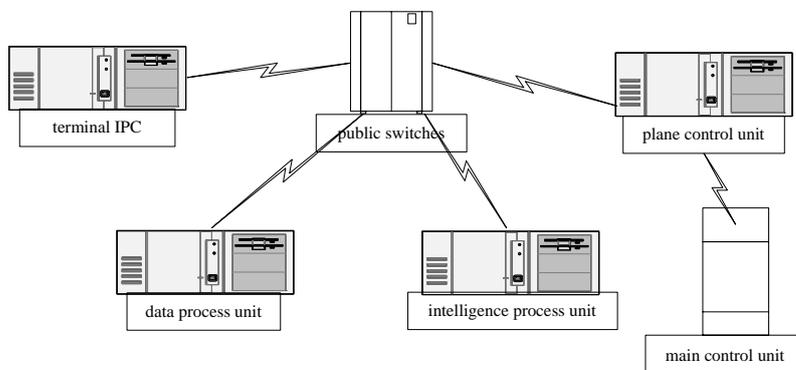


Fig.1 Network communication structure
图 1 网络通信结构

b) 通过终端工控机的同步串口卡获取机上雷达设备下传的图像数据及点迹数据。将图像数据发送至情报处理单元, 点迹数据发送至数据处理单元;

c) 接收数据处理单元送来的凝聚点迹和航迹信息。

由于本机与其它单元有着复杂的通信关系, 因而采用了不同的通信方式。本机与飞控单元采用组播方式, 与数据处理单元采用 UDP 协议的网络通信, 与情报处理单元采用 TCP/IP 协议的网络通信。

1.2 系统特性

与常规地面终端设计相比, 无人机机载 SAR 地面终端系统设计具有以下特性:

- a) 探测的目标为地面目标, 产生 SAR 图像或动目标运动轨迹;
- b) 数据的通信量大, 通常为几兆的压缩数据。

2 地面终端系统的具体设计

2.1 模块划分

无人机地面终端系统根据功能主要划分为: 同步串口卡数据接收模块、数据处理模块、飞控单元通信模块、数据处理通信模块及情报处理通信模块。

2.1.1 同步串口卡数据接收模块

地面终端系统通过一个外接的同步串口卡来获得数据, 系统中定义了一个类 CSerialComm 负责添加、释放端口, 起动、终止辅助线程。辅助线程完成如下功能:

- a) 将接收的数据保存到全局缓冲区中;
- b) 通知数据处理模块已经接收到部分图像数据。

2.1.2 数据处理模块

地面终端工控机通过一个外接的同步串口卡来获得图像数据, 实际工作中, 为减少数据传输中的误码或传输引起的丢数据现象, 图像帧被拆分成 N 个大小相等的固定的数据包来传输, 并对每个图像包进行单独压缩处理。地面终端系统须将收到的图像数据包解压, 并将同一帧图像数据合并成一幅完整的图像。对于一帧中丢失的数据包须按照固定大小以固定的色素来补充(此文将其固定填充为黑色)。系统中定义了一个类 CDecodeJpgToRaw 负责起动、终止解压缩线程以及图像的解压缩、合并图像等操作。地面终端系统可以滚动显示图像, 也可显示一帧图像。

图像数据处理模块具体处理步骤如下:

- a) 读取全局缓冲区的图像数据;
- b) 判断是否为正确的数据包, 若是, 则对图像数据进行解压缩处理, 并将生成的原始图像数据发给情报处理单元;
- c) 判断是否为同一帧图像数据, 若是, 则合并到当前帧的图像数据文件中, 否则生成新的图像文件, 并显示上一帧图像。

2.1.3 其它模块

- a) 飞控单元通信模块: 主要接收由飞控单元转发的主监控回馈的发射机状态、电源状态及工作模式等信息, 以及往主监控发送工作模式、工作阶段、码率设置、目标参数等控制命令信息;
- b) 数据处理通信模块: 向数据处理单元发送原始点迹信息及换批、删批等命令; 接收凝聚点迹及航迹信息;
- c) 情报处理通信模块: 向情报处理单元发送原始图像数据信息及凝集点迹和航迹状态信息。

2.2 关键技术的实现

系统的实现主要应用到多位面、内存映射、双缓冲及多线程等关键技术, 这些技术的应用不仅增强了系统功能, 而且提高了系统的效率。

2.2.1 多位面技术

DirectDraw 组件为用户带来了许多强大的功能^[2]:

- a) DirectDraw 硬件抽象层提供一种连续接口, 通过它可以直接对现实和视频内存进行操作, 并从系统硬件中获取最大的功能;
- b) 在全屏的应用系统中, DirectDraw 通过后备缓冲使页面翻转很容易;
- c) 支持全屏或 Windows 剪切;

- d) 可同步访问标准和增强显示设备内存区域；
- e) 其它特性如标准和动态调色板，独占硬件访问方式及分辨率转换。

这些特性集成在一起，使得用户编写的应用程序可以很容易地在基于标准 Windows GDI 上的应用中运行。本系统利用多位面技术实现地图、航迹、刻度线及 SAR 图像的显示，并通过设置 DirectDrawSurface 对象的关键色的值实现不同位面层之间的叠加，如，电子地图层与刻度线位面层，电子地图层与航迹位面层等。

2.2.2 双缓冲技术

实际工作中一帧图像一般都比较大(>3 MB)，接收图像数据会出现丢包的情况(假设前提条件是从同步串口接收到的数据，是完整的图像)，即图像显示的不是一幅完整的图像。这是因为：全局缓冲区的大小是固定的，由于读写此缓冲区是 2 个线程，因而存在读写速度不匹配的情况。由于读速度比写速度慢，因而导致了全局缓冲区覆盖的现象(实验证明：增加全局缓冲的大小，可以降低发生丢包情况的频率，但仍会出现丢包的情况，因而这不是最终的解决方案)，其结果如表 1 所示。

表 1 未采取任何措施的效果

Table1 Result of taking no measure

number of sending packet	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
number of receiving packet	4	3	2	2	4	2	3	2	4	3

综合分析上述原因，采取如下措施(措施 1)：

运用双缓冲保存判断中的图像数据，并采用“乒乓”方式进行切换。采用双缓冲技术^[3]降低了发生丢包情况的频率，但仍会出现丢包的情况，实验证明增加缓冲个数为 3，丢包情况没有显著减少。可见仅用增加缓冲的办法达不到预期的目标，其结果如表 2 所示。

表 2 采取措施 1 的效果

Table2 Result of applying double buffering technique(no.1 measure)

number of sending packet	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
number of receiving packet	4	2	4	2	3	4	3	2	4	3

2.2.3 多线程技术

从表 2 可以看出仅用双缓冲技术仍然存在较严重的丢失数据现象，原因在于图像处理是一个串行过程，必须处理完一个图像数据包之后，才处理下一个数据包。若处理过程的时间过长，即读全局缓冲的速度较慢，就会导致全局缓冲区覆盖的现象，继而采用如下措施(措施 2)：

- 1) 主线程消息处理函数将接收的正确图像数据保存到磁盘上；
- 2) 采用多线程^[4]技术并行工作，运用函数 AfxBeginThread 起动一个工作者线程，实现图像的解压缩、同帧图像的合并与显示功能。

表 3 采取措施 1,2 的效果

Table3 Result of combining double buffering(no.1 measure) and multithreading techniques(no.2 measure)

number of sending packet	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
number of receiving packet	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3

从表 3 可以看出，采取措施 1,2 之后，传输 17 个图像文件(68 个数据包)会丢失 1 个数据包。这个误差结果是允许的，因此达到了预期结果。

实践证明：采取双缓冲与多线程措施在对图像显示实时性要求不高的情况下，具有有效的作用。

2.2.4 内存映射技术

无人机地面终端系统对接收到的 JPEG 格式的图像数据进行解压缩操作，生成原始 RAW 格式的图像数据，并将一帧图像数据保存成一个大的 RAW 格式文件用于显示。这一系列操作中牵扯到大量对文件的读写操作，为了进一步提高系统效率，采用内存映射技术，表 4 提供了 256×256 压缩图像的解压缩处理过程中应用的 fread, fwrite 与内存映射技术^[5-6]的实际时间对比关系。

表 4 时间比较

Table4 Time consuming comparison

	time/s										average time/s	
fread,fwrite	1.531	1.516	1.516	1.516	1.500	1.515	1.532	1.600	1.600	1.541	1.536	7
memory mapping technique	1.344	1.344	1.344	1.343	1.481	1.344	1.344	1.344	1.359	1.344	1.359	1

实际工作中传输的图像为 2 880×408，甚至更大原始图像的压缩数据，因而内存映射技术提高系统效率的优势会更加明显。

3 效果图比较

不同的架次飞行过程中对同一块区域成像的效果如图 2 所示, 图像按照宽度比例显示。左边图片为一幅图像帧中的 4 个子块全部收到时在地面终端显示的效果图, 右边图片为一幅图像帧中的 4 个子块中间的 2 个子块未收到时在地面终端显示的效果图。

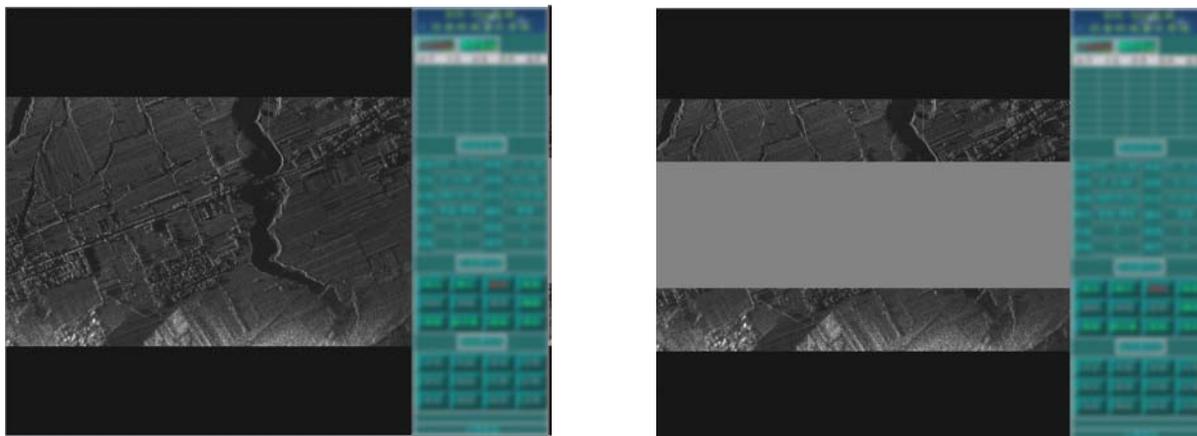


Fig.2 Imagining picture
图 2 效果图

4 结论

随着信息战争的来临, 无人机机载 SAR 越来越受到大家的青睐, 地面终端系统则会变得越来越复杂, 功能越来越强大。本文设计并实现的地面终端系统通过对多线程技术、内存映射技术等的应用使得终端系统效率大大提高, 并解决了图像处理与显示存在的资源分配不足的问题, 达到了预期目标, 但对于图像的后续处理, 如图像几何校正、目标识别等工作需要进一步完善。

参考文献:

- [1] 王强, 黄建冲. 无人机机载合成孔径雷达[C]// 第二届无人机发展论坛论文集. 北京:[s.n.], 2006:251-253.
- [2] Michael J Young. Visual C++6 从入门到精通[M]. 邱仲潘, 柯渝, 谢燕华, 译. 北京:电子工业出版社, 1999.
- [3] Marshall Brain, Lance Lovette. MFC 开发人员指南[M]. 异星翻译组, 译. 北京:机械工业出版社, 1999.
- [4] 齐舒创作室. Visual C++ 6.0 开发技巧及实例剖析[M]. 北京:清华大学出版社, 2000.
- [5] 许福, 舒志, 张威. Visual C++程序设计技巧与实例[M]. 北京:中国铁道出版社, 2003.
- [6] 王华, 叶爱亮. Visual C++ 6.0 编程实例与技巧[M]. 北京:机械工业出版社, 1999.

作者简介:



崔荣华(1979-), 女, 山东省烟台市人, 工程师, 研究方向为图像处理. email: crh0109@yahoo.com.cn.

刘永涛(1980-), 男, 哈尔滨市人, 工程师, 研究方向为电子信息与工程管理.