

基于 Android 平台的 1090ES 数据链数据采集系统

汤国防, 闫永恒, 张寒雪

(中国电子科技集团公司 第十五研究所国家空管科技自主创新基地, 北京 100083)

摘要: 随着空中交通管理技术的发展, 1 090 MHz 扩展电文 (1090ES) 数据链已经成为承载地空通信、空空通信的重要数据链, 在民用航空及通用航空领域得到了广泛应用; 传统的二次雷达或 ADS-B 地面站设备大而沉重, 为了构建便携、低成本的 1090ES 数据链数据采集系统, 提出了一种基于 Android 智能终端和广播数据采集板卡的解决方案, 利用 1 090 MHz 天线接收广播信号, 由单片机 (PIC18F2550) 实现模数信号转换, 通过 USB-OTG 接口发送至 Android 智能终端; 开发了数据采集 APP, 实现数据的融合解译、数据采集以及航空器的飞行监视; 经测试验证, 系统能够有效采集 1090ES 数据链公开协议航空数据, 覆盖范围超过 150 公里, 即插即用, 应用前景广泛。

关键词: 1090ES 数据链; 安卓系统; 数据采集; 飞行监视

Data Acquisition System for 1090ES Data Link Based on Android Platform

Tang Guofang, Yan Yongheng, Zhang Hanxue

(National Air Traffic Management Science & Technology Independent Innovation Base,
China Electronics Technology Group Corporation No. 15 Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: With the development of air traffic management technology, 1 090 MHz extended squitter (1090ES) data link which realize air-to-ground and air-to-air communication, has been widely used in the field of civil aviation and general aviation. Traditional radar or ADS-B ground station equipment is large and heavy, with the purpose of developing portable and low cost data acquisition system for 1090ES, proposed a solution based on Android platform and radio module, using 1 090 MHz antenna to receive radio signals, with single chip microcomputer (PIC18F2550) to achieve digital signal conversion, in addition to communicate with Android platform through the USB-OTG interface. A data acquisition APP was developed to realize data decoding, data persistence, and flight surveillance. After the testing and verification, the system can effectively collect the 1090ES aviation data, covering the range of over 150 kilometers, plug and play, and has a bright application prospect.

Keywords: 1090ES data link; Android; data acquisition; flight surveillance

0 引言

随着民用航空通信与监视技术的发展, 1 090 MHz 扩展电文 (1090ES) 数据链已经成为二次雷达、机载防撞系统 TCAS、广播式自动相关监视 ADS-B 的重要通信链路^[1]。根据我国规划, 2015 年底所有运输飞机都已具备基于 1090ES 数据链的 ADS-B 监视能力, 通用航空正在推广机载及便携式 1090ES ADS-B 设备以实现飞行监视和地空数据通信^[2]。1090ES 数据链作为全球公开协议的数据链, 可以通过 1 090 MHz 天线实现对 1090ES 数据链广播数据信号的接收, 配合智能硬件和软件完成数字信号的解析和采集存储。

随着 Android 智能终端的广泛应用^[3-4], 为了实现低成本、即插即用的便携式 1090ES 数据链数据采集工具, 满足执行空中巡视、航拍测量、无人机巡航等野外作业时对航空器飞行监视的需要, 本文基于微型 1 090 MHz 广播信号采集设备和 Android 平台研究构建了一种 1090ES 数据链数据采集系统。

1 系统组成

系统整体由 1 090 MHz 广播信号采集端和 Android 系统平台组成, 结构设计如图 1 所示。

1 090 MHz 广播信号采集端由 1 090 MHz 全向天线、信号

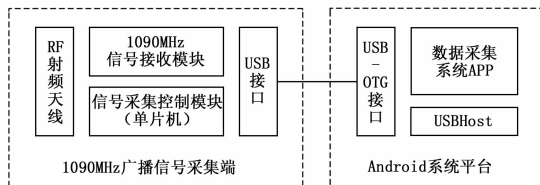


图 1 系统组成结构

过滤放大器、信号采集控制模块组成, 实现 1090ES 数据链广播信号的接收、模数转换和采集控制。为实现数字信号采集以及与 Android 系统平台的通信, 信号采集控制模块选用 PIC18F2550 单片机, 内置通用串行总线和 10 路 10 位模数转换器, 支持控制、中断、等待和批量数据传输模式, 能够将 1 090 MHz 模拟信号转换为 0~255 数字信号并通过 USB 接口输出。

Android 系统平台为搭载 Android 操作系统的智能终端, 如手机或平板电脑。Android 平台通过 USB-OTG 接口与采集端信号采集控制模块进行数据通信和控制, 并为采集端供电; 基于 Android 系统开发数据采集 APP, 实现对采集端的通信控制、数据解析处理、数据可视化显示和存储功能。

2 软件功能设计

Android 操作系统自 3.1 版本开始增加了对 USB-OTG 接口功能的支持^[5]。外部 USB 设备 (采集端单片机 PIC18F2550) 接入后, Android 系统将自动注册并创建 USB 字符设备^[6], 以支持应用层对 USB 设备的控制与数据通信。

收稿日期: 2015-12-01; 修回日期: 2015-12-25。

基金项目: 陕西省科技统筹创新工程计划 (2013KTZB01-02-05)。

作者简介: 汤国防 (1987-), 男, 山东济宁人, 硕士, 工程师, 主要从事空中交通管理信息技术方向的研究。

2.1 Android 系统与 PIC18F2550 通信控制

Android 系统连接采集端单片机 PIC18F2550 后，可根据单片机的设备属性进行遍历获得对应的 USB 设备，并获取设备的通信管理权限；根据设备接口的通信端点的通信方向，识别指令通信端点（OUT）和数据通信端点（IN）；当需要启动数据采集时，通过打开设备连接，在指令通信端点写入通信指令或参数配置指令，并在数据通信端点进行监听接收采集的数据；数据传输方式采用块传输（Bulk Transfers），以实现错误检测和重传机制。停止数据采集时，则在指令通信端点写入停止指令，停止单片机的数据采集运算并释放 USB 设备接口。

2.2 1 090 MHz 广播数据融合解译

1090ES 数据链数据包括航空器 S 模式应答机面向二次雷达的应答信息、ADS-B 报文以及 TCAS 机载防撞系统的问答信息。根据 1090ES 数据链路通信协议^[1]，每条扩展电文均在电文开头以 5 比特位标识数据的下传格式（DownFormat，简称 DF），以随后 3 比特位标识详细的电文数据内容类别。主要数据格式及说明如表 1 所示。

表 1 1090ES 数据链数据格式

数据类别	电文格式	数据说明
二次雷达 应答信息 (56 位)	DF=11	应答机 ICAO 地址应答
	DF=4	高度应答
	DF=5	应答机编码应答
	DF=20	高度应答（含高度性能）
	DF=21	应答机编码应答（含高度性能）
ADS-B 报文 (112 位)	DF=17	ADS-B Message
	DF=18	TIS-B Message
	DF=19	军事用途预留
TCAS (56 位)	DF=0	高度应答
	DF=16	高度应答

航空器 S 模式应答机及机载 ADS-B 设备的电文数据均含有 24 比特位全球唯一的应答机地址码，由 ICAO 分配，可以用来识别当前空中唯一的飞行目标^[7]。基于这种特性，可以对 1 090 MHz 广播收到的雷达应答信息、机载 ADS-B 报文、TCAS 报文进行融合解译，以提高飞行目标监视定位的频率和定位精度。数据解译流程如图 2 所示。

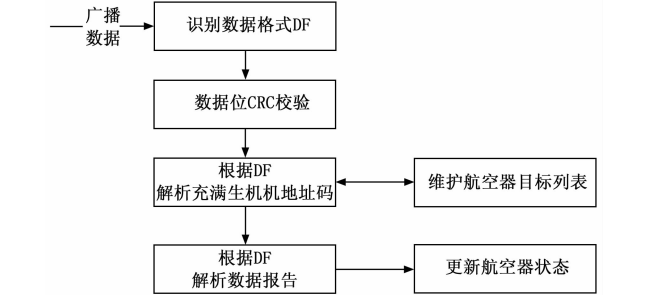


图 2 1 090 MHz 广播数据解译流程

在数据解译流程中，首先根据接收到的广播数据识别数据格式 DF 并进行 CRC 校验，对正确的报文解析获得航空器应答机地址码，并维护以地址码为关键字的航空器目标列表；解析报文中的数据内容，并更新对应航空器的飞行状态属性。其中，ADS-B 报文的空中位置数据采用 CPR 简洁位置编码，文献^[8]给出了详细的编解码算法，需要采集至少 2 个周期的空中位置数据才可获得准确的经纬度信息。

2.3 数据采集与可视化显示

1090ES 数据通过数据采集 APP 进行可视化显示，实现对空中航空器目标的飞行监视。数据采集 APP 设计了采集控制模块与单片机 PIC18F2550 进行通信交互，并接收处理报文数据。数据处理的逻辑流程如图 3 所示。

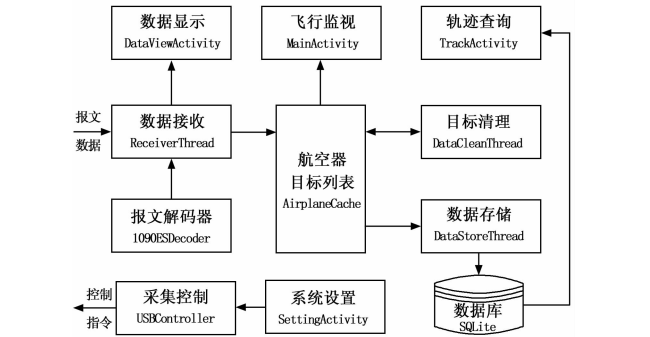


图 3 数据采集处理逻辑流程

2.3.1 数据接收处理模块

模块采用独立线程运行，对 USB 设备接口的数据通信端点进行监听，对接收到的报文数据进行解译；维护航空器目标列表缓存，并更新缓存中对应航空器的飞行状态数据。

2.3.2 数据清理模块

航空器降落或飞出可监视区域后，系统采集端将无法继续从 1090ES 数据链获得对应航空器的广播报文，超出预设时间阈值即视为过期目标。模块采用线程调度机制，定时对航空器目标列表缓存中的过期对象进行清理。

2.3.3 航迹动态存储模块

模块采用线程调度模式，每 5 秒调度运行一次，循环遍历航空器目标列表中的对象，将其飞行状态数据以结构化数据记录形式批量存储存储至数据库。

2.3.4 数据显示界面

以 16 进制文本方式滚动显示实时接收到的报文数据，数据样本如下所示：

2800098FDEBC31 (DF=5)
8D7806A099040911C8220E8C62B9 (DF=17)
5D780AE871C60D (DF=11)
0261813A1BF3A6 (DF=0)
20000738D2B7E6 (DF=4)
80A1849D6025D26369C8288F6835 (DF=16)
.....

2.3.5 飞行监视界面

基于地图界面，对采集获取的航空器目标位置、飞行轨迹数据进行动态标绘展现，实现数据的可视化。

2.3.6 轨迹查询界面

根据照航空器标识、起始时间条件对采集的历史数据进行查询和可视化显示。

3 系统实现

本文以 Android 4.0 智能手机作为 Android 平台，利用 Java 语言编写了 1090ES 数据解码库，并以百度地图提供的 Android SDK 开发了数据采集 APP，实现了智能手机与 1 090 MHz 信号采集端的通信与控制、数据采集、地理坐标转换^[9]以及基于在线/离线地图模式的航空器飞行监视功能。系统界面如图 4 所示。

（下转第 198 页）

的规则波。系统的数据采集频率为 1 000 Hz，动态数据曲线刷新频率为 100 Hz。图 8 为主站软件上显示的 1、9、15 号从站的实时浪高曲线，从图中可以看出，浪高曲线具有很好地平滑性。采集 100 s 的波浪信号，主站 PC 机的本地数据文件中共存储了 100 000 组数据，没有数据丢失。

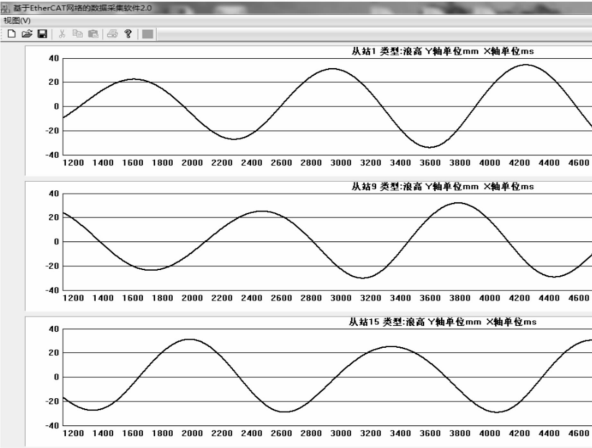


图 8 主站软件上显示的实时浪高曲线

6 结束语

本文利用工业以太网 EtherCAT 技术开发的数据采集系统

~~~~~

(上接第 169 页)



图 4 数据采集 APP 飞行监视界面

为了验证功能和性能，本文设计的数据采集系统在北京南苑机场附近航班早/晚高峰时期进行了多次采集测试，采集数据总量均超过 50 万条，统计数据见表 2。

表 2 1090ES 数据链数据采集统计

| 数据类别     | 数据量比例/%   | 误码率/%    |
|----------|-----------|----------|
| 二次雷达应答信息 | 34.2~35.5 | 较低 约 8.5 |
| ADS-B 报文 | 22.2~23.5 | 低约 4.0   |
| TCAS 报文  | 41.5~42.8 | 较低 约 9.0 |
| 其他格式数据   | 0.3~0.5   | 高 100    |

限于可能的广播重叠、1 090 MHz 天线的灵敏度以及信号的滤波处理，剔除系统启动初始化阶段及其他格式噪音数据影响，高峰时段系统数据采集平均误码率约为 6.4%，正确探测解码率仍满足不小于 90%的应用指标<sup>[10]</sup>；在视距无遮挡条件下，系统能够有效采集 150 公里范围的 1 090 MHz 航空数据，大气能见度条件良好时最近接收距离达 220 公里，能够有效实

数据精度高，可靠性好，经实验测试最小数据刷新周期可达 1 ms。EtherCAT 数据帧一次最多可以传输 1486 个字节的过程数据，每个从站只占用 3 个字节，可接入近 500 个从站，根据实际采集需要，可以灵活增减从站数量。从站的模拟信号接口接上不同类型的传感器就可以采集不同种类的物理量，适用于多种实时性要求高、测点分散的现场数据采集监控场合。

参考文献：

[1] IEC/PAS 62407: Real-Time Ethernet Control Automation Technology (EtherCAT) [S].

[2] 郇 极, 刘艳强. 工业以太网现场总线 EtherCAT 驱动程序设计及应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.

[3] 李木国, 王 磊, 王 静, 等. 基于 EtherCAT 的工业以太网数据采集系统 [J]. 计算机工程, 2010 (3): 237-239.

[4] 常发亮, 刘 静. 多线程下多媒体定时器在快速数据采集中的应用 [J]. 计算机应用, 2003, S1: 177-178.

[5] 单春荣, 刘艳强, 郇 极, 等. 工业以太网现场总线 EtherCAT 及驱动程序设计 [J]. 制造业自动化, 2007, 29 (11): 79-82.

[6] 李木国, 孔丽丽, 王 磊, 等. EtherCAT 网络数据采集系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2010 (4): 961-964.

[7] 康华光. 电子技术基础模拟部分 (第五版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.

[8] 赵 君, 刘卫国, 彭 喆. 基于 EtherCAT 总线的分布式测控系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012 (1): 11-14.

现空中目标的飞行监视。

4 结论

本文基于 Android 平台和 1 090 MHz 信号采集板卡构建了一种微型的地面接收设备，可以较好的实现对 1090ES 数据的采集和可视化飞行监视；同时，设计了对广播数据的融合编码，相比单二次雷达监视或 ADS-B 监视提高了数据采集频率和跟踪精度；另外，所使用的移动地图支持离线模式应用，方便开展野外作业。整个系统轻便智能，兼容性好，应用前景广阔。

参考文献：

[1] Clarification Mode S Transponder in an Airport/A-SMGCS Environment [S]. European Organisation for the Safety of Air Navigation, 2005.

[2] 王 菲. 基于 1 090 MHz ES 数据链 ADS-B 关键技术研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2009.

[3] 金 凡, 王 成, 白丽红, 等. 基于 Android 平台的脉搏波监测系统的研究 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (4): 994-996.

[4] 魏崇毓, 张菲菲. 基于 Android 平台的视频监控系统设计 [J]. 计算机工程, 2012, 14: 214-216.

[5] 程 军, 陈贵灿, 姜 飞. 通用串行总线的 OTG 技术 [J]. 微电子学与计算机, 2003, 6: 54-56.

[6] 孙 洁, 付友涛, 孔凡鹏, 等. Android 系统下的 USB 设备驱动程序的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 5: 1386-1388.

[7] 姚 娇, 林云松. 1090ES ADS-B 接收机模型关于空中交通管理的仿真研究 [J]. 中国民航飞行学院学报, 2010, 21 (5): 19-22.

[8] 刘 萍, 倪育德, 马宇申. ADS-B IN/CPR 编解码仿真及同频干扰研究 [J]. 现代导航, 2003, 5: 342-347.

[9] 王 柯, 马宏斌. 一种基于 Android 平台数据采集系统的设计与实现 [J]. 测绘与空间地理信息, 2014, 37 (10): 29-32.

[10] 1 090 MHz 扩展电文广播式自动相关监视地面站 (接收) 设备测试要求 [S]. 中国民用航空局, 2012.