

doi: 10.7690/bgzd.2016.05.005

分布式高炮复合数据同步采集系统

宋方伟, 梅勇

(中国兵器工业第五八研究所武器装备信息与控制研发中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为满足分布式高炮测评系统对复合数据采集的实时性和同步性需求, 解决异步数据影响测评系统准确性的问题, 提出分布式高炮复合数据同步采集系统。该系统由多个复合数据采集终端组成, 复合数据采集终端基于 I.MX515 ARM 处理器和 Linux 实时操作系统并具有复合数据实时采集功能和 GPS 接口, 多个复合数据采集终端之间通过 GPS 授时同步和时间戳同步技术确保数据的时间相关性。结果表明: 该系统设计合理, 能保证分布式高炮测评系统原始数据同步, 提高武器射击评价系统的准确性和鲁棒性, 已成功应用于某高炮射击成绩测评系统中。

关键词: 分布式高炮; 复合数据; 同步采集

中图分类号: TJ1306 **文献标志码:** A

Synchronous Acquisition System of Distributed Antiaircraft Compound Data

Song Fangwei, Mei Yong

(Research & Development Center of Weapon Equipment Information & Control,
No. 58 Research Institute of China Ordnance Industry, Mianyang 621000, China)

Abstract: For the purpose of real-time and synchronization acquisition of compound data in distributed anti-aircraft gun system, to solve the problem of asynchronous data affect the accuracy of the measurement system, a synchronous acquisition system of distributed anti-aircraft compound data is put forward. The system is composed of multiple composite data acquisition terminals. The compound data acquisition terminal based on I.MX515 ARM processor and Linux real-time operating system has the function of complex data real-time acquisition and GPS interface. Use GPS timing synchronization between multiple composite data acquisition terminals and timestamp synchronization technology to ensure that the data of time correlation. Results show that the system design is reasonable, and can keep the original data synchronization to improve the accuracy of the evaluation system of weapon shooting and robustness. It has been used in certain type artillery firing evaluation system.

Keywords: distributed anti-aircraft gun; compound data; synchronous acquisition

0 引言

野战防空作战作为海陆空一体化联合防空体系中的重要组成部分, 高炮武器系统发挥着主力军作用。客观的仿真、测试、训练、评价和评估等测评手段层出不穷, 通用零飞测试系统、射击评价系统、作战效能评估系统、虚拟射击系统、通信系统性能评价和高炮瞄准训练器等测评系统在高炮武器系统装备过程中广泛应用, 保障了严格的系统协同操作训练, 保证了高炮武器系统在战时能发挥良好的技术状况^[1-6]。然而, 有关高炮测评系统原始数据获取方法的研究较少。现有高炮测评系统的数据采集单元未对高炮单体内的复合数据进行同步采集。同时, 随着数字化分布式火控体系结构在高炮武器系统中的应用^[7], 受采集设备的性能差异、数据传输延时的不同及环境等因素影响, 现有采集系统无法保持高炮间复合数据的时间相关性, 具有时间同步关系的数据成为异步数据。原始复合数据的同步性得不到保证, 往往导致测评系统准确度低、鲁棒性差。

笔者针对上述问题, 研究分布式高炮武器射击测评系统复合数据的获取方式, 设计复合数据同步采集系统。较以往的复合数据采集系统而言, 该系统更能保持原始数据的时间同步关系, 从而提高测评系统的准确性。

1 分布式高炮测评系统数据采集特点

分布式高炮系统由多门高炮与一套连指挥计算机组成, 高炮单体内存在多个功能单元(包含火控系统、炮位计算机系统、瞄准具系统、随动控制系统、初速测量系统、姿态测量系统等), 高炮与连指挥计算机之间的数据交换和协同管理由各自的综合管理计算机完成^[8]。高炮内综合管理计算机接口丰富, 多种数据构成复合数据; 高炮之间的复合数据具有时间相关性, 所有数据共同覆盖分布式高炮射击过程; 因此, 对复合数据的同步采集是分布式高炮系统测评系统的关键。复合数据同步采集系统的数据来源有以下 2 种: 由高炮综合管理计算机接口提供的数据(包括 CCIR25 帧/s 的视频接口数据、RS485

收稿日期: 2016-01-22; 修回日期: 2016-03-03

作者简介: 宋方伟(1983—), 男, 四川人, 工学硕士, 工程师, 从事嵌入式系统、特种计算机的研究。

接口数据和 CAN 数据), 射击时由外部红外传感器采集火光的脉冲数据。具体技术指标如下:

- 视频接口 1 个: CCIR25 帧/s PAL 制式视频输入;
- CAN 接口 2 个: 速率 1 MB/s;
- RS485 接口 2 个;
- 红外接口: 脉冲信号。

另外, 高炮射击初速度快、响应快, 有效数据存在时间短, 需要实时采集。同时, 为方便野外训练使用, 采集终端需采用便携式嵌入式采集系统。采集终端统必须具有丰富的人机接口和连续续航时间, 具有采集复合数据能力。同时需满足如下要求:

- 内存: 不小于 512 MB;
- 存储器: 不小于 32 GB;
- 显示接口: 显示屏需强光可见, 分辨率大于 640×480;
- 具有触摸接口和按键接口;
- 具有数据上传接口;
- 5 V±5%供电, 电流小于 1.5 A, 持续续航时间不低于 6 h。

2 分布式高炮复合数据采集系统架构

如图 1 所示: 分布式高炮复合数据同步采集系统由多个数据采集终端组成, 每个采集终端采集一个高炮综合管理计算机的复合数据和高炮上红外传感器的脉冲数据, 采集终端之间通过 GPS 授时进行时钟同步, 数据加入时间戳保持时间相关性。采集的同步复合数据通过 USB 或者网络接口上传到上位机。上位机的高炮射击评价系统软件可以利用具有同步关系的复合数据进行各类射击结果的测评。

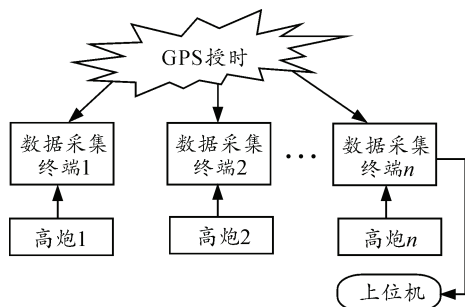


图 1 分布式高炮复合数据同步采集系统架构

3 复合数据采集终端设计

3.1 复合数据采集终端处理器选型

复合数据采集终端硬件设计考虑功能、性能和功耗 3 个方面。选用 Freescale 公司的 I.MX515 多媒体应用 ARM 处理器, 该处理器基于 ARM Cortex™-A8

内核的先进高效设计, 运行频率达 800 MHz, 拥有 32 K 的指令缓存和数据缓存以及 256 K 的二级缓存, 并且集成了多媒体硬件加速单元、多格式高清视频编/解码模块, 采用动态电压频率调节(DVFS)和智能速率(SmartSpeed)技术提供功率管理以实现低功耗、高性能。同时, 该处理器具有丰富的扩展接口: 如 EMIF、USB OTG、I2C、SPI、VGA、LVDS、TFT LCD、SDIO、UART 等等, 方便用户使用^[9]。

3.2 复合数据采集终端系统设计

采集终端硬件以 I.MX515 处理器为核心, 采用 6 000 mAh 的锂电池输出 5 V 电压进行供电。Freescale 公司的电压管理芯片 MC13892 为处理器和外设供 1.1 V/1.8 V/3.3 V 等电压, 并提供四线电阻触摸屏接口和 2 个按键接口。由于整板功耗低, 大概在 1.3 W, 散热少, 不需要添加辅助散热片。采集终端硬件设计如图 2 所示。

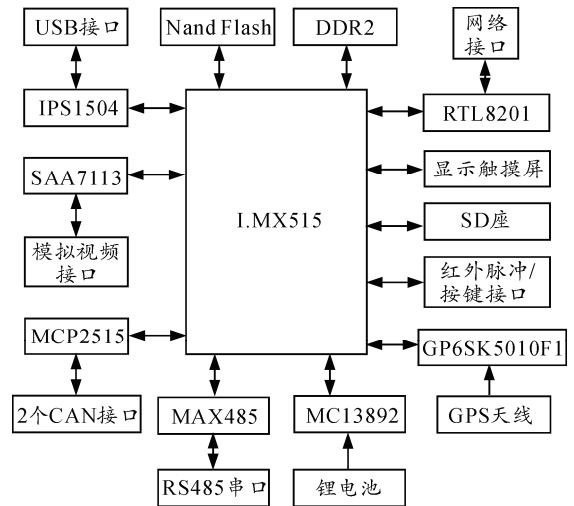


图 2 采集终端硬件设计

为实现系统和应用程序的存储与运行, 通过 I.MX515 处理器的外部存储接口(EMIF)外接三星公司的 K9LBG08U0M 芯片扩展 1 GB Nand Flash 存储器, 外接 2 片镁光公司的 16 位 2 GB 的 MT47H128M16 内存颗粒扩展 32 位 512MB DDR2。

I.MX515 处理器的高速 SD 控制器接口(eSDHC)引出最大支持 64 GB 的 SD 卡接口用于存储复合数据; 快速网络控制器(FEC)外接 Realtek 公司的网络物理层收发器芯片 RTL8201 扩展出百兆网口上传复合数据到上位机; LCD 控制器外接 SHARP 公司半反半透的 3.7 寸液晶屏, 分辨率为 640×480, 180°全视角, 色彩还原度极高, 强光下显示清晰; 红外信号经过红外传感器采集成电平信号后, 同处理器的 GPIO 口相连接, 通过监控 GPIO 口的电平高低

来实现对红外脉冲信号的采集。

I.MX515 处理器内部只有 2 个数字视频采集 (Carmra) 接口, 采用 Philips 公司的 SAA7113 视频 AD 转换芯片, 将综合管理计算机输出的模拟视频转化为数字视频后, 输入到数字视频采集接口实现模拟视频采集。处理器内部无 CAN 接口, 但 SPI 接口 Tx/Rx 的最大频率是 50 MHz, 所以采用 Microchip 公司带有 SPI 接口的独立 CAN 控制器的 MCP2515 芯片扩展出 2 路 CAN, 以接收综合管理计算机的 CAN 数据。

GPS 授时采用深圳市星际通科技公司的 GP6SK5010F1 GPS 模块, 该模块工作电压为 3.3 V, GPS_EN 管脚接 I.MX515 处理器的 GPIO 口控制模块开关, GPS_RX 和 GPS_TX 分别接处理器任意串口的 RX 和 TX 管脚实现对模块控制和定位数据的接收。

3.3 复合数据采集终端软件系统设计

高炮射击初速度快、响应快; 因此, 采集终端的系统软件需考虑实时性和复合数据之间的同步。基于以上考虑, 采集终端采用基于 Linux-2.6.31 内核的嵌入式 Linux 实时操作系统, 建立 Cramfs、JFFS2 和 Ext3 复合文件系统: 其中, Cramfs 用于 Linux 内核的快速启动, JFFS2 文件系统用于 Nand Flash 存储 Linux 内核镜像和配置文件, Ext3 文件系统用于 SD 卡存储大量复合数据。

4 分布式高炮复合数据同步实时采集

复合数据采集终端系统上电后, Linux 操作系统自动运行, 然后启动应用程序。应用程序在设备初始化后, 提供 2 个定时器入口和 3 个中断入口。

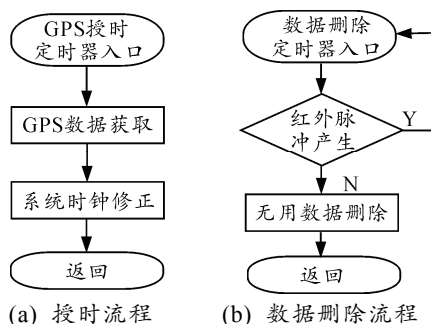
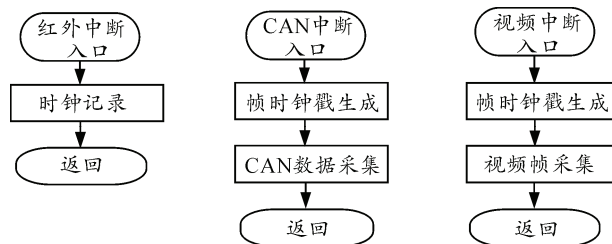


图 3 授时和数据删除定时器入口

如图 3, 2 个定时器包括 GPS 授时定时器和数据删除定时器。其中: GPS 授时定时器每 5 s 获取 GPS 数据并修正本地时钟, 实现各复合数据采集终端的时钟同步, 见图 3(a); 数据删除定时器每 10 min 判断是否有射击动作触发的红外信号, 如无射击动

作, 那么删除当前时间 10 min 以前采集到的射击准备过程中的无用数据, 以节省存储空间, 见图 3(b)。

如图 4 所示, 3 个中断入口包括红外数据、CAN 数据和视频数据采集中断。红外数据直接记录触发时间。CAN 和视频数据以帧为单位, 在数据采集过程中对每帧进行时间戳绑定。高炮射击评价系统在射击成绩评价过程中, 通过每帧的时间戳来确认同一时刻的数据, 并综合同一时刻的复合数据来进行射击测评, 可保证测评结果的准确性。



(a) 红外数据采集 (b) CAN 数据采集 (c) 视频数据采集

图 4 复合数据采集中断处理

5 结束语

由于实时采集了高炮单体的复合数据, 复合数据的时间戳基于同一时钟产生, 且高炮间采集终端的时钟同步通过 GPS 授时同步, 校正了各个设备的时间轴; 因此, 保证了分布式高炮数据的时间同步关系。该复合数据采集系统已经成功应用于某型号武器射击评价系统中。实际应用结果及测试结果表明: 该系统工作合理, 提高了武器射击评价系统的准确性和鲁棒性。

参考文献:

- [1] 朱捷. 基于零飞测试的高炮武器系统动态精度研究[J]. 兵工自动化, 2007, 26(5): 70-72.
- [2] 安振宙. 防空兵通用射击评价系统的设计[J]. 兵工自动化, 2006, 25(8): 13-14.
- [3] 张振友. 某型高炮瞄准训练器的设计与实现[J]. 兵工自动化, 2013, 32(5): 71-73.
- [4] 葛承奎. 高炮武器系统虚拟射击试验方法[J]. 火力与指挥控制, 2015, 40(5): 157-159.
- [5] 程光权. 防空通信系统性能评价及抗毁性分析[J]. 国防科技大学学报, 2015, 36(5): 162-164.
- [6] 寇新洲. 高炮系统打击效能评估[J]. 舰船电子工程, 2011, 31(2): 27-30.
- [7] 王中许. 分布式高炮火控系统 3 种射击方式的实现[J]. 兵工学报, 2011, 32(7): 795-798.
- [8] 王荣刚. 某型高炮武器综合管理计算机系统设计[D]. 南京: 南京理工大学, 2011:6-7.
- [9] Freescale. i. MX51 Applications Processors for Consumer and Industrial Products[Z]. Document Number: IMX51CEC Rev. 6, 10/2012.