

doi: 10.7690/bgzdh.2015.08.019

弱网络条件下无人机维修质量控制系统设计

吉宏安¹, 马野², 李雪红³, 于洋³(1. 海军大连舰艇学院研究生一队, 辽宁 大连 116018; 2. 海军大连舰艇学院舰炮系, 辽宁 大连 116018;
3. 海军大连舰艇学院训练部, 辽宁 大连 116018)

摘要: 为解决弱网络条件给无人机维修质量控制系统带来的数据传输受阻和质量控制滞后的难题, 设计了一种基于任务控制指令表的弱网络工作模式。从减少网络数据传输量入手, 采用强弱网络条件下控制模式自动切换的方式对无人机的维修质量控制方法进行改进, 建立任务控制指令表, 定义指令触发判断公式, 优化移动端缓存的数据表设计, 并引入基于 XML 文件的数据交换技术。实验结果表明: 该系统在弱网络工作模式下能够对任务进行有效控制, 数据存储和传输准确, 能解决数据传输受阻导致的质量控制滞后的问题, 具有一定的应用价值。

关键词: 弱网络; 无人机; 质量控制; 指令控制; 数据交换

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A

Design of UAV Maintenance Quality Control System Under The Weak Network

Ji Hong'an¹, Ma Ye², Li Xuehong³, Yu Yang³(1. No.1 Brigade of Postgraduate, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China;
2. Department of Naval Gun, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China;
3. Department of Training, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China)

Abstract: In order to solve the problem that the data transmission is not unobstructed and quality control is delayed under the weak network, a task control instruction table of weak network working mode is design. Start with reducing the amount of network data transmission, the maintenance quality control method of UAV is improved by the method of automatic switching of the control mode under the condition of strong or weak network, establish task control instruction list, defined instruction triggers judgment formula, optimize mobile side caching data table design, and introducing XML-based file data exchange technology. Experiment result shows that the system can effectively control the task under weak network work mode, and data storage and transmission accuracy, can solve the quality control of lag problem caused by data transmission obstruction. It has certain application value.

Keywords: weak network; UAV; quality control; command control; data exchange

0 引言

无人机维修质量控制是以无人机系统的质量状况为控制对象, 以系统的完好状态控制、特殊使用限制的控制、特殊装备的控制、油封保管控制等为内容的重要管理活动^[1]。无人机维修质量控制系统, 是利用现代信息技术开发的集维修控制、状态监测和备件管理等功能为一体的多层次维修保障信息支持系统, 该系统通过对无人机寿命全程进行精细化的监控和保障, 从而提高无人机的质量控制水平, 保证无人机效能的发挥, 满足任务和训练的需要^[2]。

传统的无人机质量控制依赖于纸质的任务信息卡片^[3]。采用这种质量控制方式工作量大、不利于保管、数据易丢失, 更重要的是外出任务期间, 脱离质控室, 将出现质量控制的空白期。

随着 workflow^[4]、物联网^[5]、大数据^[6]时代的到来, “无纸化”的无人机质量控制系统已经成为当前发

展的必然趋势。借助 PDA、移动计算机等移动终端设备, 对无人机信息进行实时采集、登记和管理, 并通过网络与质控室的质量控制系统进行数据交换, 可轻松实现对无人机质量状况的随时掌握和对下一步工作的快速部署^[7]。

当前的“无纸化”无人机维修质量控制系统中移动终端采集的数据是直接通过网络传输至数据库服务器, 再由质控室的质量控制系统对数据进行分析, 形成控制任务下达执行。该过程通过网络传输的数据量较大, 对网络的依赖性强, 在强网络信号的情况下, 能够较好地实现质量控制; 但是对于信号强度不够、数据传输不通畅的弱网络^[8]环境, 系统则出现数据上传失败、质量控制信息发送不出而与质控室失联的情况。

笔者针对弱网络条件下的无人机维修质量控制问题, 从减少网络数据传输量入手, 提出一种基于

收稿日期: 2015-04-15; 修回日期: 2015-05-22

作者简介: 吉宏安(1987—), 男, 江苏人, 硕士, 从事智能控制、计算机仿真研究。

任务控制指令表的弱网络工作模式，采用强弱网络条件下控制模式自动切换的方式对无人机的维修质量控制方法进行了改进。经测试表明，该系统能够达到弱网络条件下无人机维修质量控制的目的。

1 无人机维修质量控制的基本原理

无人机作为一类特殊的航空装备，其维修保障质量是影响战斗力生成、决定战斗胜负的重要因素之一。进行维修质量控制，就是通过对无人机寿命全程的监视和控制，不断地消除影响质量的不利因素，实现高质量的保障效益。

无人机的维修质量控制可看成是一个具有螺旋式循环上升结构的控制过程。循环开始由移动终端采集获取无人机的活动数据并传送至质控室的数据服务器，其次由质控室的控制系统对数据进行分析统计，然后根据问题形成纠正的控制方案，最后将方案下达至移动终端执行，完成了一个循环控制的过程。系统通过不断的循环，使得无人机的质量水平不断完善和提高，从而实现对无人机寿命全程的有效控制。

由于采集的数据是直接通过网络传输给质控室控制系统的，弱网络条件下若沿用这种控制方式可能出现网络数据传输失败导致质量控制中断的问题，因此可对质量控制流程作如下改进，如图 1。

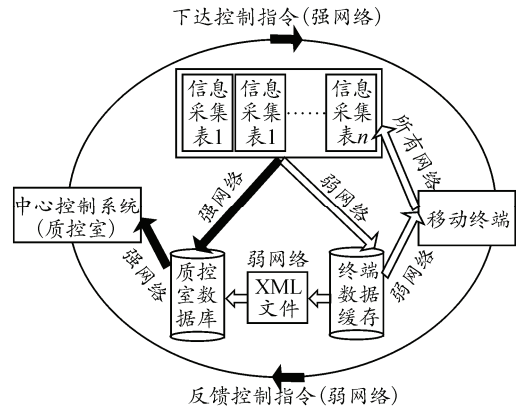


图 1 改进后的质量控制流程

任务前，由质控室预先向移动终端写入控制指令表；任务时，一旦网络信号不符合强网络工作条件，则自动切换为弱网络工作模式，即由终端根据指令表独立进行质量控制，只向质控室发送所执行任务的指令号码，采集的数据不再发送而改由终端缓存存储；待信号由弱转强时，再通过网络对缓存数据与质控室进行同步，也可在任务结束后导出为 XML 文件的方式直接进行数据更新。

2 系统的总体设计

弱网络条件下无人机维修质量控制系统的设计可按质量控制过程分为控制和执行 2 个部分，总体框架结构如图 2 所示。

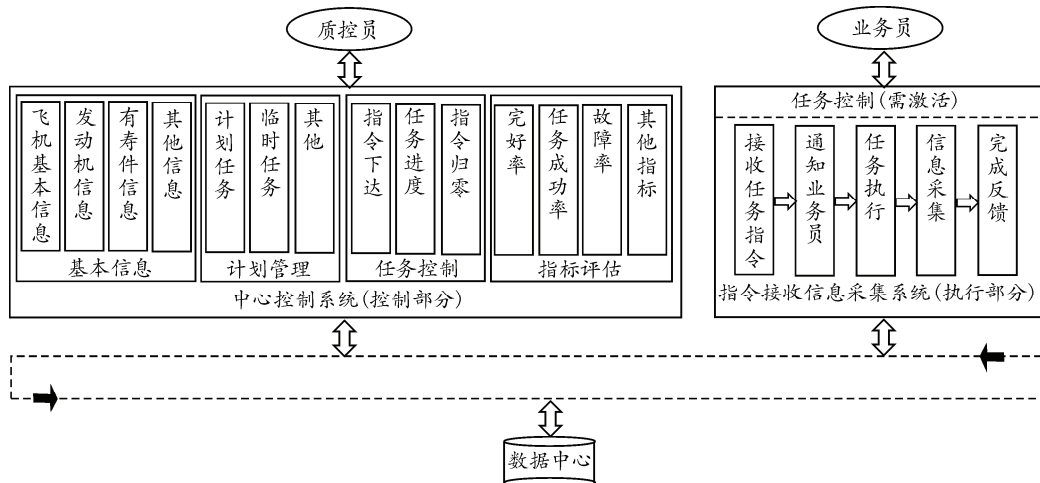


图 2 无人机维修质量控制系统框架

控制部分由质控室的中心控制系统构成，该部分实现的功能包括：1) 对无人机及系统的基础信息进行管理；2) 能够根据基础信息制定相关控制计划、预制任务流程；3) 能够对任务计划实时监控，一旦符合任务触发条件即向移动终端发送任务指令执行；4) 能够对某一阶段的质量控制情况进行评估，从而为下一阶段的质量控制计划提供参考。

执行部分是以各个业务部门的便携式移动终端为主体的指令接收和信息采集系统，其核心功能是对任务执行过程中的数据进行采集，同时兼具任务控制的能力，能够实现强弱网络条件下控制模式的自动转换。

系统要实现弱网络条件下的无人机维修质量控制需要重点解决 3 个难点问题：1) 如何通过任务控

制指令表实现无人机的维修质量控制; 2) 如何对移动终端数据缓存进行设计; 3) 如何将移动端缓存数据与质控室数据库进行同步更新。

2.1 任务控制指令表的建立

要生成任务控制指令表必须先确定控制标准。现假设以累计飞行时长、累计起落架次和使用寿命这 3 个参数为衡量标准对无人机实施质量控制。

为方便描述, 笔者以某无人机为例进行说明。除对其自身的任务控制外, 对该无人机进行质量控制还包括对发动机的使用控制和有寿件的使用控制, 因此笔者建立了图 3 所示的系统数据表。WrjInfo 表记录的是无人机自身信息, EngineInfo 表记录的是发动机的信息, YsjInfo 表记录的是有寿件的信息。设计中 Static 表是静态信息, 主要存储静态的不易变动的数据, 如规定的控制指标。Dynamic 表是动态信息, 主要是对飞机及各部件的使用情况进行累计。

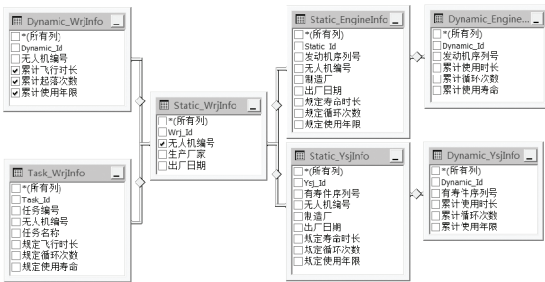


图 3 系统数据表的设计示意图

该无人机外出任务时, 质控室的中心控制系统对该编号的无人机相关数据进行扫描, 综合 Task_WrjInfo 表、Static_EngineInfo 表和 Static_YsjInfo 表形成如表 1 所示的任务控制指令列表。

表 1 任务控制指令列表

任务名称	规定标准			实际累计值			指令
	时长	次数	年限	时长	次数	年限	
T ₁	35	25	5	20	15	3	10010001
T ₂	50	30	4	43	27	3	10010002
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
T _m	65	30	6	34	10	2	1001000N

表中指令由系统自动生成, 可设置为前 4 位是无人机编号, 后 4 位为任务编号。

系统每次数据采集后会对任务控制指令列表进行更新并重新逐行扫描, 当实际使用情况中只要有一个条件符合规定标准时, 就发送对应的指令执行任务。

根据任务控制列表中的质量控制规律, 定义了指令触发判断公式用以对任务触发过程进行描述。

假设系统中需要进行控制的任务共有 m 项, 依次编号为 $i(i=1,2,\dots,m)$, 实施控制的指标共有 n 项, 依次编号为 $j(j=1,2,\dots,n)$ 项。已知第 i 项任务所有指标的规定标准为 $S_i(j)(j=1,2,\dots,n)$, 实际的累计值为 $R_i(j)(j=1,2,\dots,n)$, 若某一时刻系统从采集的所有数据中监测到控制的指标值发生了变化, 变化值为 $\Delta x(j)(j=1,2,\dots,n)$, 则有

$$ORD(i) = \prod_{j=1}^n (R_i(j) + \Delta x(j)) \% S_i(j) \quad (i = 1, 2, \dots, m)$$

式中 $(R_i(j) + \Delta x(j)) \% S_i(j)$ 是将指标 j 的实际累计值更新后对规定标准取余, 即判断实际的累计指标值是否达到规定标准的整数倍, 若是则满足了触发条件, 系统将执行该控制任务。

因此, 系统在对无人机进行质量控制时, 只需对 $ORD(i)$ 进行判断, 一旦 $ORD(i)=0$, 则执行第 i 行的指令。

2.2 移动端数据缓存优化设计

移动端的数据缓存主要用来存储系统采集的任务数据。在移动终端数据采用电子卡片的形式采集, 如图 4 所示。业务员将数据信息直接录入表格并存入数据库。

图 4 移动端的信息采集界面

移动端数据采集的卡片形式不是固定的, 而且不同的卡片所对应的字段也不相同。数据库设计时, 应充分考虑移动端有限的存储容量, 不可能对每一张卡片都建立一个数据表, 而且随着记录增多对系统资源的消耗就更大, 直接影响系统的运行。

因此对移动端缓存中的信息采集数据表进行了如图 5 所示的优化设计, 建立了 Main_Collection 和 Addition_Collection 2 个表。

Main_Collection: 主要记录采集卡的关键信息, 可作为检索的关键词, 方便事后对本次采集信息的查询。

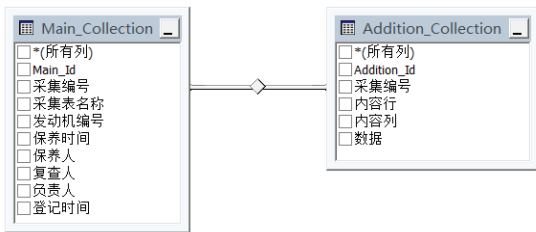


图 5 信息采集数据表的设计示意图

Addition_Collection: 以坐标的形式记录了表格对应位置的数据。在数据检索时, 可根据坐标信息将数据回填入相应的卡片模板, 从而实现录入信息的还原。

2 个表通过采集编号字段相互关联。采用这种数据表的设计方式通用性强, 能够对不同形式的卡片数据进行有效存储, 不仅大大节约了数据空间, 而且为数据的检索提供了便利。

2.3 基于 XML 的数据交换技术

网络由弱转强时, 移动终端可直接通过网络与质控室实现缓存数据的同步。若网络始终处于弱网络或离线状态, 系统也可采用 XML 文件作为中间件, 进行数据交换。

XML 作为一种可扩展的标记语言, 能够对文档数据的组织结构进行规则化的描述, 结构性强, 易于处理, 现被广泛应用于 Web 的程序设计^[9-10]。

采用 XML 文件作为质控室数据中心和移动终端数据库进行数据交换的中间件, 转换方案如图 6。

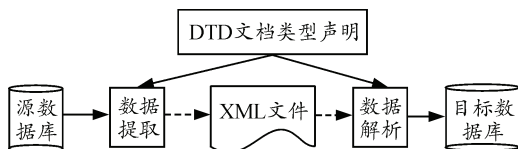


图 6 基于 XML 的数据转换方案

数据提取是系统根据用户的指令, 从源数据库中提取数据, 并转换成 XML 文件的过程。在数据提取和解析的过程中, 必须建立一个统一规范的格式来确定 XML 文件内元素与元素、元素与属性的关系, 在此引入了 DTD 文档类型声明进行处理。

数据解析是数据提取的逆过程, 当前对 XML 数据进行解析的模型比较流行的有 DOM 模型和 SAX 模型^[11]。这 2 种模型的差别在于: DOM 模型是基于对象的模型, 解析时需要根据 XML 文件在内存中构建对象树, 在处理大文件时会占用较大的内存资源; SAX 模型是事件驱动模型, 解析时, 不需要在内存中保存 XML 文档, 对内存占用较少, 处理速度较快。因此无人机维修质量控制系统中,

对 XML 文件的解析应采用 SAX 模型。

SAX 模型为用户提供了 API 的编程接口, 解析 XML 文档时, 主要涉及 2 个部分: 解析器和事件处理器。解析器负责读取 XML 文档, 在触发到事件时, 向事件处理器发送事件, 如元素开始或结束事件; 事件处理器负责对事件进行相应, 对 XML 传递的数据进行处理。

3 应用与结论

根据系统的实际需求, 系统在弱网络条件下能够由移动终端自主开展任务控制工作, 及时存采集的数据信息并生成任务列表, 同时向质控室中心系统发送指令进行任务同步, 保证质量控制过程的连续不间断。现对无人机维修质量控制进行了开发和验证。

硬件方面, 根据系统对移动终端硬件要求较高的实际情况, 选用性能优越的移动笔记本电脑作为跟随无人机执行任务的移动终端。

软件方面, 充分考虑正常网络以及弱网络条件下, 无人机维修质量控制的问题, 对质控室的中心控制系统和移动终端系统分别采用了不同的架构, 其中中心控制系统采用了 B/S 的架构和 Java 的开发语言; 而移动终端则选用了 C/S 的架构, C# 开发语言。数据库方面, 选用的是 SQL Server 2005。

系统在强网络条件和弱网络条件下分别进行了验证, 图 7 为质控室中心控制系统的界面效果。强网络条件下, 采集数据实时上传, 任务执行完成后可直接查看卡片回收结果; 弱网络条件下, 质控室收到任务执行完成的指令, 但是采集数据仍保存在移动端缓存中没有上传, 因此无法查看。

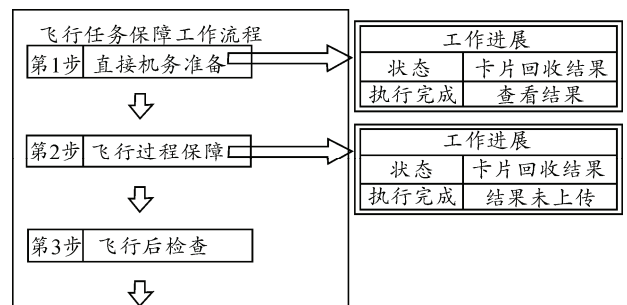


图 7 质控室中心控制系统的设计界面

图 8 为弱网络条件下移动终端的任务控制界面, 可实时查看任务的状态以及任务进度, 能够较好地控制任务进程, 达到了理想的控制效果。

实际测试表明: 该系统按设计要求完成了弱网络条件下的质量控制任务, 任务列表更新及时准确, 系统运行稳定, 达到了预期的目标。