

# 基于 ACARS 的飞机实时监控系统研究

易承罡

(东方航空工程技术公司 浙江维修部, 浙江 宁波 315000)

**摘要:** 为实现对飞机运行状况的实时监控, 提出利用 ACARS 空地数据链下载的实时维护数据, 结合飞机维修技术文档以及历史维护经验来建立飞机实时监控系统, 以期快速准确地诊断故障. 该系统有利于地面维护人员实时掌握飞机及发动机的运行状态信息, 尽早地发现飞机故障, 在飞机落地前准备故障解决方案, 提高维修水平和排故效率.

**关键词:** 飞机实时监控; 工作流程; 专家排故系统; 神经网络

**中图分类号:** V267; V247.5      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-5132 (2011) 01-0078-03

基于飞机通信寻址和报告系统(Aircraft Communication Addressing and Reporting System, ACARS)的飞机实时监控系统是飞机维修领域正在兴起的研究课题, 在美国、加拿大、英国等先进国家的航空公司都利用 ACARS 通信系统产生的动态信息源建立自己的集成诊断系统, 以实时监控飞机飞行中各系统运行状况. 目前国内对飞机实时监控系统的研究还处于起步阶段<sup>[1]</sup>. 笔者提出通过利用飞机的故障报文, 结合相关维护手册以及历史排故经验, 实现对飞机故障的实时监控, 特别是提出了建立基于人工神经网络的专家排故系统, 在快速准确诊断飞机故障方面作出了一些探索.

## 1 实时维护数据的产生

随着现代飞机技术发展, 飞机系统变得越来越复杂, 也促进了集中故障显示系统(Centralized Fault Display System, CFDS)和飞机综合数据系统(Aircraft Integrated Data Systems, AIDS)的发展.

CFDS 用于辅助航线维护时的故障隔离, 它是一个维护辅助系统, 该系统提供从驾驶舱提取的飞机大多数系统维护信息, 并启动各种维护测试. 系统的核心是集中故障显示接口组件 (Centralized Fault Data Interface Unit, CFDIU), CFDIU 从飞机系统接收故障信息, 并记忆和管理这些故障信息, 由 ACARS 传输到地面.

AIDS 监控各种飞机系统提供的数据, 维护人员可用这些数据来制定维修计划. 另外, AIDS 也可用于其他任务, 如重着陆探测、机组熟练程度监控和一些特殊调查, 及系统层面上的排故. 这些数据也通过 ACARS 下载到航空公司地面站的计算机.

## 2 ACARS 组成和功能<sup>[2]</sup>

ACARS 系统通过飞机机载设备和地空数据通信网络建立飞机与地面计算机系统间的连接, 实现地面系统与飞机间的实时双向数据通信. 系统主要由机载设备、数据链服务提供商和地面处理系统组成. 机载设备核心是管理组件 (Management Unit, MU), MU 发送和接收来自地面的甚高频无线电数字报文. 在地面, ACARS 系统由多个无线电收发机构成的网络组成, 它可以接受或发送数据链消息, 并将其分发到网络上的不同航空公司.

## 3 飞机维修文档系统

飞机维修文档系统是由飞机制造商和部件制造商以及机务维修部门编写的飞机维修、放行、适航管理等一整套手册系统. 随着互联网的不断发展, 飞机维修文档系统也进行了数字化电子管理和网络化应用, 并使用了超链接技术, 相关的内容被连接起来, 使得手册的查询更加简便. 维修文档系统在飞机维修工作中发挥极大的作用, 为实现

实时监控系统的依据, 特别是为专家排故系统奠定了基础。

### 4 飞机实时监控系统的实现

实时监控系统的组成如图 1 所示. 该系统通过解析飞机 ACARS 下行传送的实时维护数据, 获取飞机的位置、状态、系统故障、发动机参数等数据, 并对数据进行处理后, 显示在电脑屏幕上. 地面工程师可在飞机降落之前, 通过本系统可显示出的排故专家指导, 同时解析空地通信部门报文服务器传过来的飞机系统故障和飞机发动机性能参数报文, 获取飞机的系统故障和发动机参数数据, 并参考厂家手册, 对飞机系统故障或发动机故障进行准确地分析, 制定出相应的维修方案. 这对提高排故效率, 降低飞机延误率, 减少维修成本, 保障飞机飞行安全都具有积极而深远的意义.

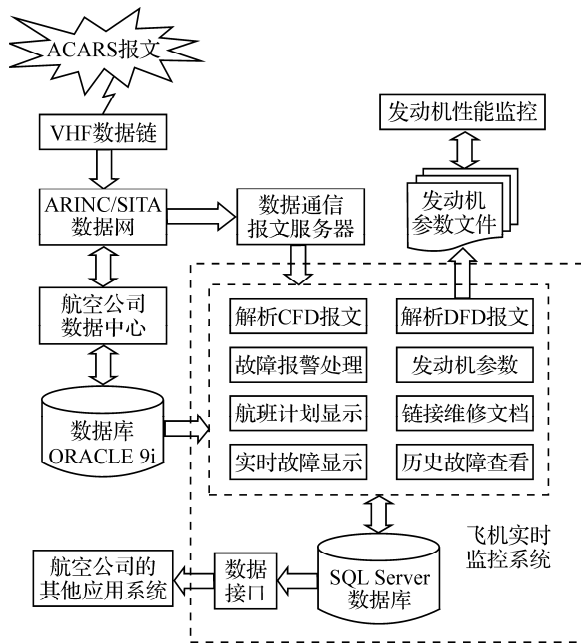


图 1 飞机实时监控系统的结构组成

实时监控系统的流程如下: ACARS 在机载设备中实质上是 1 台专用计算机, 机载设备其他计算机系统如数据管理组件(Data Management Unit, DMU)、飞行数据接口组件(Flight Data Interface Unit, FDIU)、飞机状态监控系统(Aircraft Condition Monitoring System, ACMS)以及 GPS 全球定位系统都和它进行互联. DMU、FDIU、GPS、ACMS 负责采集或收集飞机在线数据和飞行经纬度, 再将这些数据传到 ACARS, ACARS 通过 VHF(甚高

频)地面工作站传送到指定的地面数据控制中心. 根据报文头的标志再将数据通过 SITA 网或 ADCC 网传送到指定航空公司的 ACARS 地面工作站.

报文到达地面工作站后, 由飞机实时监控系统的对报文进行解析, 获取与故障有关和发动机性能及态势的报文信息, 下传到飞机维护服务器.

飞机维护服务器首先由系统进行判断是否为真的故障, 如是, 故障则进入故障诊断模块, 由系统根据电子化的技术文档数据库和排故专家知识库进行分析, 诊断为何种故障, 通告飞机维护终端; 如果是已经在知识库里的故障记录, 则调出原先成功的排故方案, 下传到飞机维护终端; 若知识库中没有该种故障记录, 则生成新的排故方案, 下传到飞机维护终端, 作为维修工作计划安排技术人员进行排故.

### 5 基于人工神经网络的专家排故系统

飞机实时监控系统的目的是尽早地预测故障, 快速准确地诊断故障, 其中的关键是后者. 在诊断过程中, 必须利用故障系统表现出来的各种有用信息, 经过适当地处理和分析, 作出正确的诊断结论, 为此建议设立专家排故系统. 专家系统是集成领域内专家经验知识的人工智能计算机软件系统, 目前已被广泛应用于各个领域<sup>[3]</sup>. 将专家系统应用于飞机实时监控系统的, 也是民航飞机维修发展的大趋势.

本系统利用神经网络中的 BP 模型(Back Propagation)<sup>[4-5]</sup>对飞机系统进行故障诊断. 典型的神经网络结构如图 2 所示.

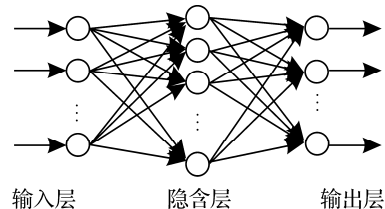


图 2 BP 神经网络的基本结构

对于系统知识库的建立, 首先需要进行知识的获取, 由专家提供关于各种飞机系统故障现象及相应的故障原因实例作为学习样本. 通过神经网络学习算法对样本进行学习、修正后, 大量的神经元之间联接权值上就分布着专家的知识经验. 经过学习、测试后, 即可进行飞机系统的故障诊断.

由于 BP 网络用于函数逼近时,其权值调节采用的是负梯度下降法,而这种调节权值的方法有一定的局限性,即存在着收敛速度慢和局部极小等缺点.本系统辅以 Sugeno 型模糊推理算法<sup>[6]</sup>,模型构造完成后,运用数学优化算法来调整函数中的参数,以减小它与理想系统的误差,使误差函数  $E$  值最小:

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (t_i - y_i)^2,$$

其中,  $t_i$  为理想值;  $y_i$  为模型输出值;  $n$  为输出参数总量;  $i$  为输入输出组号;

在监控器拓扑结构中,第二层、第三层、第四层分别为 BP 网络的输入层、隐层和输出层.隐层第  $k$  节点的输出为:

$$y_k^{(3)} = f\left(\sum_{j=1}^n w_{j,k} y_j^{(2)}\right).$$

采用一阶梯度寻优法来调整隶属度函数参数和连接权值,使得误差值  $E$  达到期望值:

$$w_{j,k}(l+1) = w_{j,k}(l) - \beta \partial E / w_{j,k}(l),$$

其中,  $w_{j,k}$  为连接输入层节点  $j$  与隐层节点  $k$  的权值.

实践证明,与传统的诊断方法不同,人工神经网络是一种效果非常好的智能信息处理方法,它是自学习和可以被训练的,具有许多优良的特性,建立基于神经网络 BP 模型的专家排故系统能有效利用专家宝贵的知识和经验,快速准确地判断故障,在飞机实时监控系统中发挥出较大的作用.

## 6 结语

利用飞机实时下载数据对飞机进行远程实时监控,能使维修方式真正变为空/地紧密结合的维修,减少飞机运行和维护的费用,提高飞机的利用率和飞行安全性.这个方法是一个新的研究发展方向,目前的研究只处于初级阶段,很多技术还不成熟,最突出的问题是飞机制造厂商维修部门和各运营人维修部门提供的重复故障库格式过于杂乱,如能规范故障库的格式,完善专家排故系统的知识库,必将进一步提高其诊断故障的效率和准确率,并能使不同运营人的同一机型都能利用这一系统.

### 参考文献:

- [1] 朱睿,许春生.飞机远程实时监控的一种方案[J].航空维修与工程,2005(3):53-55.
- [2] 杨小强,黄智刚,张军,等.基于空地数据链的飞机状态监控系统的实现[J].电讯技术,2003(1):68-72.
- [3] 蒋亚南,楼应候.汽车发动机智能故障诊断专家系统的开发[J].宁波大学学报:理工版,2000,13(4):75-78.
- [4] 胡守仁,余少波,戴葵.神经网络导论[M].长沙:国防科技大学出版社,1993:266.
- [5] 赵汉取,韦肖杭,姚伟忠,等.用 BP 神经网络模型评价养殖区水域的富营养化——以湖州地区为例[J].宁波大学学报:理工版,2008,21(1):30-33.
- [6] 黄丹.基于 Matlab 和给小费模型的 Mamdani 与 Takagi & Sugeno 型模糊推理算法研究[J].中国西部科技,2009,27:30-31.

## Research on Aircraft Real-time Monitoring System Based on ACARS

YI Cheng-gang

( Zhejiang Maintenance Department, Engineering & Technic, China Eastern Airlines Co. Ltd., Ningbo 315000, China )

**Abstract:** Aircraft operating conditions for the realization of real-time monitoring are investigated. The use of ACARS air-ground data link is proposed for downloading the real-time maintenance data. The aircraft maintenance technical documentation is combined with the historical aircraft maintenance experience to build real-time monitoring system for fast and accurate diagnosis of faults. The proposed system helps ground maintenance personnel to monitor the aircraft engine running state information to identify the faulty components as soon as possible, thus improves the maintenance quality and the efficiency of troubleshooting.

**Key words:** Real-time monitoring; work flow; expert troubleshooting system; neural networks

(责任编辑 章践立)