

摘要 根据轨道交通监控系统的特点,结合现有轨道交通车站设备监控系统架构,应用智能预警技术,建立新型轨道交通机电设备监控系统,实现设备故障早期预警。讨论多传感器数据融合构成、多级报警方案等问题,并将基于智能多级预警的设备监控系统与现有的监控系统进行比较。

关键词 轨道交通 多传感器融合 设备监控 嵌入式技术

1 轨道交通设备监控系统的智能预警

轨道交通具有高速、准时和载客量大的特点,是大中型城市解决交通拥堵最有效的手段之一。为了给乘客创造安全、可靠和舒适的候车环境,轨道交通工程的地下车站均设有通风空调、给排水、自动扶梯、屏蔽门、照明、车站导向标志等机电设备。轨道交通车站机电设备监控系统(简称为EMCS)负责对车站的这些机电设备进行全面、有效的自动化监控及管理,对保障人身安全、降低设备的运行能耗、提高管理效率和服务水平具有重要作用。

然而,绝大部分在研或建成的轨道交通车站监控系统大都存在着两个问题:“过严”和“延迟”。有时候,某个设备的一个小故障可能对整个大系统并没有太大的影响,但是监控系统却报警甚至停用设备;有时候,某个设备已经存在严重故障,监控系统的诊断却姗姗来迟。这些问题不但造成设备报废的损失,而且对乘客的生命安全及轨道交通的正常运行造成巨大的威胁和隐患。在国外,智能预警技术已应用于电力设备监控、大型工厂设备监控等领域,并有逐步向各领域延伸的趋势。将智能多级预警技术应用在轨道交通车站机电设备监控系统中,能从根本上提高机电设备故障监测的灵敏度,从而实现准确的故障早期预警,防止因设备故障影响轨道交通的正常运行。

2 嵌入式控制系统与传统监控系统的比较

应用智能多级预警技术的嵌入式控制系统,具有可编程控制器(PLC)所没有的体积小、功耗低、柔性大、功能强等优势,在智能化、柔性度方面的优势更为明显(见表1)。

表 1 两类控制系统比较

比较内容	原轨道交通车站 机电设备监控系统	应用智能多级预警 技术的嵌入式控制系统
智能化程度	低	高
柔性程度	低	较高
设计周期	较长	长
系统成本	高	中
误报率	高	较高
人工干预程度	高	低

相对于原有系统,应用智能多级预警的监控系统,能够在强大的、实现面向车站设备的在线状态分析与预报,即通过设备状态的信息获取、特征提取及在线分析,实现设备故障的多层次预报,在监控历史数据库基础上,构造监控及运营管理专家系统,从而提高运营管理水平,减少工作人员的人工维护,减少设备故障率,提高设备的运营效率,改善车站人员的工作环境,降低运营成本。在尽量不改变或少改变现有设备的基础上,通过局部的嵌入式技术应用,实现对轨道交通车站监控设备的智能化改造;对既有不同设备进行信息整合,通过信息和智能技术,提升设备监控系统的性能。基于现代交通对技术发展的需求,综合考虑设计周期、系统成本、可靠性、体积、功耗、系统智能化程度等多方面因素,将基于嵌入式技术的智能多级预警控制器用于轨道交通,在区域控制器中有很大优势。可以预见,该类系统将成为未来几年城市轨道交通车站机电设备监控的发展方向。

3 智能算法的选用——多传感器数据融合

轨道交通中的机电设备众多,且发生故障的表象特征也各有不同,为实现故障的准确预警,应利用多种传感器不同特点、使用范围和精度,获得各种机电设备的局部情况和数据。通过多传感器之间的协调和性能互补,克服单个传感器的不



确定性和局限性,通过运算分析,可以获得对被测对象的一致性解释与描述[1]。数据融合技术涉及信号处理、特征提取、推理决策三大环节,本研究所采用的多传感器系统数据融合同样也由这三大环节组成,其过程如图 1 所示。由于被测对象多为具有不同特征的非电量,所以首先将它们通过传感器转换为电信号,经过 A/D 转换将现场参数变为可由微处理器处理的数字量[2]。数字化后的电信号经过预处理,可以滤除数据采集过程中现场环境下的干扰和噪声;对处理后的目标信号做特征提取,根据所提取的特征信号进行数据融合,最终输出结果。

数据融合技术虽然未形成完整的理论体系和有效的融合算法,但是在不少应用领域已经提出了许多成熟并且有效的融合方法,主要有经典推理法、卡尔曼滤波法、贝叶斯估计法、Dempster-Shafer 证据推理法、聚类分析法等[3]。

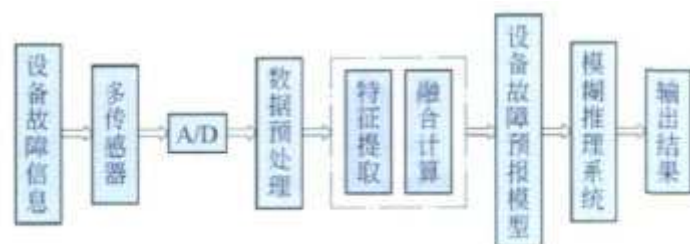


图 1 多传感器系统数据融合过程

在设备故障特征识别中,采用经典的自适应加权融合估计算法进行数据融合,其模型如图 2 所示。这种数据融合方法不要求知道传感器测量数据的任何知识,只是靠传感器所提供的测量数据,通过自动计算和调整,就可得出均方误差最小的数据融合值[4]。

算法先对各传感器在某一时刻的测量值进行估计,当估计真值为常量时,就可根据各个传感器历史数据的均值来进行估计。

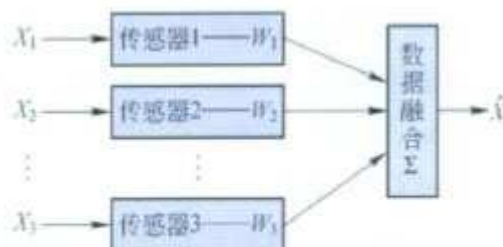


图 2 自适应加权融合估计算法模型

因为不同的传感器都有相应的加权数,在总均方误差最小这一最优条件下,根据各个传感器所得到的测量值,以自适应的方式寻找其对应的权数,可使图 2 融合后的 \hat{X} 达到最优[5]。

4 预警系统构成及多级报警的方案

根据现行的轨道交通车站设备监控系统架构,结合智能预警在设备、网络等方面的特殊要求,拟采用嵌入式系统取代现有的 PLC 作为区域控制器,传感器、处理器和控制器之间形成网络控制系统。嵌入式控制器既能管理通信,同时又具有输入/输出以及控制的功能,对预警功能的实现具有较大的作用。本机电设备预警监控系统,利用数据采集卡对信息进行预处理,然后用通信网络进行数据传输,再由上层 PC 的软件对压缩的数据信息进行融合。车站级软件采用组态软件进行开发,上层信息融合中心软件采用高级软件开发,软件之间采用 DDE(动态数据交换)以及 ODBC(开放式数据库连接)技术进行关联与同步。系统原形结构如图 3。



硬件上采用性价比相对较高的三星公司的 S3C2440 处理器,作为轨道交通嵌入式机电设备监控系统的车站现场执行层的核心处理器。嵌入式操作系统采用了微软的 WinCE. net,数据采集软件采用应用程序 MicrosofteMbeddedVisualC++ 集成开发环境。

软件可在分析与应用程序调度软件的控制下运行,可按照预先设定的方式,在计算机硬盘内建立有关机电设备档案,记录各设备开/停时间、故障状况、累计运行时间、维修状况,并根据这些信息,定期编排维修计划。系统还可以给高级工程师人员提供在线编辑、在线调试和在线诊断的手段,使系统的可操作性更强[6]。



图 3 智能车站机电设备监控系统原形结构

当通过多传感器数据融合技术的自适应加权融合估计算法测出设备即将故障后,立即在监控系统中提示检修。若无人应答,且实时数据通过新一轮的检测运算后仍得出设备即将故障的结果,则在中央级监控系统上进行提示维修检测;若依然无人应答,则通过组态软件智能发送短消息,提示给主要设备负责人,进行维修检测,从而实现多级报警。

5 结语

现代轨道交通车站机电设备监控系统建立在网络和智能设备的基础上,智能预警系统的应用可以使更多设备具有智能性预防故障停机的能力,从而促进现代监控技术的快速提高和发展[7]。针对机电监控中控制系统的设计问题,提出智能化设备监控及维护方案,为智能化在大型监控领域应用和推广提供了一个实用的设计方法。特别是区域控制器使用嵌入式技术,能够在不大规模改动现有设备的前提下推广应用这一新技术,实现轨道交通车站机电设备监控系统的智能化与柔性化。嵌入式技术在 EMCS 系统中的应用研究,是基于上海市科委重大科技攻关项目,在成功实现智能预警的应用后,期望远期达到基于远程设备的在线故障诊断和维护,从而提高系统的维护水平。

参考文献

- [1]刘彬,冉蜀阳.采用多传感器数据融合技术的消防报警系统[J].中国测试技术,2006(6).
- [2]杨万海.多传感器数据融合及其应用[M].西安:西安电子科技大学出版社,2004.
- [3]孙增沂.智能控制理论与技术[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [4]张兢.基于多通道自适应加权融合算法的火灾特征识别[J].国外电子测量技术,2006,25(1).



- [5] Du Qing-dong, ZhaoHa.i D-S evidence theory applied to fault diagnosis of generator based on embedded sensor[C] //Proceedings of The third International Conference on Information Fusion.2000.
- [6] WolfW. A decade of hardware/software codesign[J].IEEE Computer, 2003, 34(4).
- [7]唐敏.轨道交通机电设备监控系统的技术需求分析及对策[J].都市轨道交通,2005,18(5).

