

# 基于ARINC653标准机载电子设备健康监控体系设计

刘冬\*, 聂同攀, 王承惠

中航工业第一飞机设计研究院, 陕西 西安 710089

**摘 要:** 介绍了ARINC653软件规范中的RTOS健康监控概念, 在此基础上, 提出一种五级机载电子设备健康监控体系, 即任务级健康监控、分区级健康监控、模块级健康监控、综合诊断区和系统级健康监控。阐述了各级健康监控设计在飞机系统健康管理中的功能分配和实现方案, 以及RTOS层健康管理程序包的设计思路。五级健康监控体系设计概念可用于指导机载电子系统工程应用。

**关键词:** 健康监控; 机电系统; 模块化; ARINC653

中图分类号: V243

文献标识码: A

文章编号: 1007-5453 (2014) 06-0038-05

随着综合模块化机载电子系统(Integrated Modular Avionics)的快速发展,三代飞机之后的机载计算机广泛采用实时嵌入式操作系统(RTOS)。综合化、模块化、智能化是四代、五代飞机以及无人机机载电子系统的发展方向。智能机载电子系统对成员设备的健康诊断、余度管理、故障隔离/恢复、任务管理等提出了一系列新的要求和挑战,传统的故障检测技术已经不能满足飞机健康管理的智能化的需要。设计完整、安全、高效的健康管理体系平台成为该领域的研究热点。

时空隔离技术的发展应用,使机载电子系统故障定位、故障恢复、故障隔离具有多层次特点。如何建立健康监控管理层次体系、如何设定处理权级、如何建立层次间的信息交互,是健康监控体系设计的研究重点。

## 1 健康监控体系设计

健康监控体系是驻留在飞机系统不同层次中的健康管理功能集合,在传统任务中,多任务共享CPU计算资源,错误故障易于蔓延、干涉。对于复杂系统,这种任务结构不利于健康管理角色的划分。

针对新型飞机机载电子系统可移植、可重用、高可靠的需要,美国航电委员会于1997年针对新一代飞机数据综合化提出的应用程序接口标准——ARINC653<sup>[1,2]</sup>。如风河公司的VxWorks AE653、霍尼韦尔的DEOS等,是目前符合该标准的商用操作系统。ARINC653规范中定义了应用程序和操作系统隔离,提出时间隔离、空间分区概念。时空分区概念使得系统中可以划分出相对可靠的计算区域,使得系统内健康管理成为可能。

### 1.1 空时分区

ARINC653标准在安全隔离划分基础之上,首次引出健康监控体系概念。中国在2005年提出的GJB 5357-2005标准中对这一概念也做出了相关定义<sup>[3]</sup>。ARINC653操作系统通过内存管理,给每个单独的应用分区划分一块独享的内存空间,通过软件配置可以调节虚拟内存大小、动态内存总大小。分区的运行空间不会被其他分区所干扰。采用时间调度表的方式调度多分区运行。设定一个总调度表的时间轴大小,用户可以将时间轴划分多个任意子时间窗口分配给应用分区运行。分区在自己的时间窗口内独享CPU的所有资源,当分

收稿日期:2013-09-14; 退修日期:2014-04-18; 录用日期:2014-05-10

\*通讯作者: Tel.: 029-86832146 E-mail: ldleo@sina.com

引用格式: LIU Dong, NIE Tongpan, WANG Chenhui. Health monitor system design of avionics based on ARINC653 standard [J]. Aeronautical Science & Technology, 2014, 25(06): 38-42. 刘冬, 聂同攀, 王承惠. 基于ARINC653标准机载电子设备健康监控体系设计[J]. 航空科学技术, 2014, 25(06): 38-42.

区的时间窗口终止时,操作系统强行将资源切换给调度表中的下一分区。图1描述了ARINC653的分区概念。

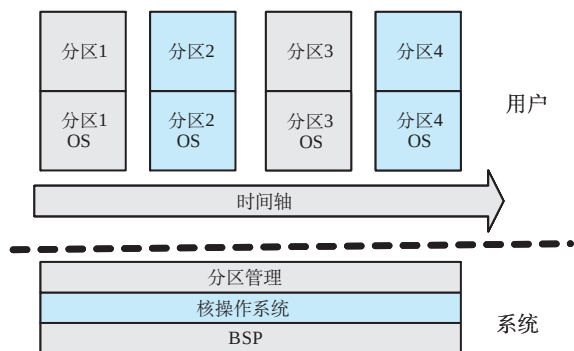


图1 ARINC653分区概念

Fig.1 The division concept of ARINC653

时分设计的CPU资源划分,使得原先的“单一大脑结构”,变成了“多大脑结构”,由此计算机应用软件的某一子系统故障将不会蔓延到其它系统。CPU资源在时间空间上不会进入某一故障的死锁状态。这种时分设计给系统安全带来了提升。

## 1.2 体系结构

在ARINC653标准中对健康监控的定义为任务级、分区级和模块级三级健康监控体系。近年来,国内学者对RTOS的健康监控也做了很多研究<sup>[4,5]</sup>,但这些工作大多还停留在对ARINC653规范的理解。RTOS三级健康监控是定义在软件接口规范上的健康监控体系,在多余度CPU机载计算机中一般是运行在某一CPU的RTOS中,因此只能称为RTOS健康监控。

随着机载计算机的发展,高可靠性的多余度计算机广泛应用,计算机内部结构越来越复杂。众多CPU模块、SOC子卡、协议芯片之间,如何侦测健康状态、如何进行冗余选择,如何重启或关闭失效模块以及如何判定设备输出数据有效性等问题对机载计算机提出设备层健康监控需求。即在RTOS模块健康监控之上设计一层设备级的健康监控模块。

在4代和5代作战飞机上航空电子广泛应用高性能航空总线、分布式采集、集成综合解算等技术。在无人机项目中,飞机可以根据自身健康状态进行任务可达性判断。因此健康监控体系的最高层次设计为系统级健康监控,这一层定义为健康监控专用计算机,通过总线接入飞机系统网络,是所有飞机设备健康监控决策的核心端。各级健康事件通过逐级处理、逐级上报汇总到健康监控计算机。该计算机可以通过分析全机系统的健康状态做出逻辑判断,给出全机功能的可达性数据,对无人驾驶、无人探测器提供任务逻辑依据。图2描述了五级健康监控体系的主要功能划分。

## 1.3 RTOS层次的健康监控

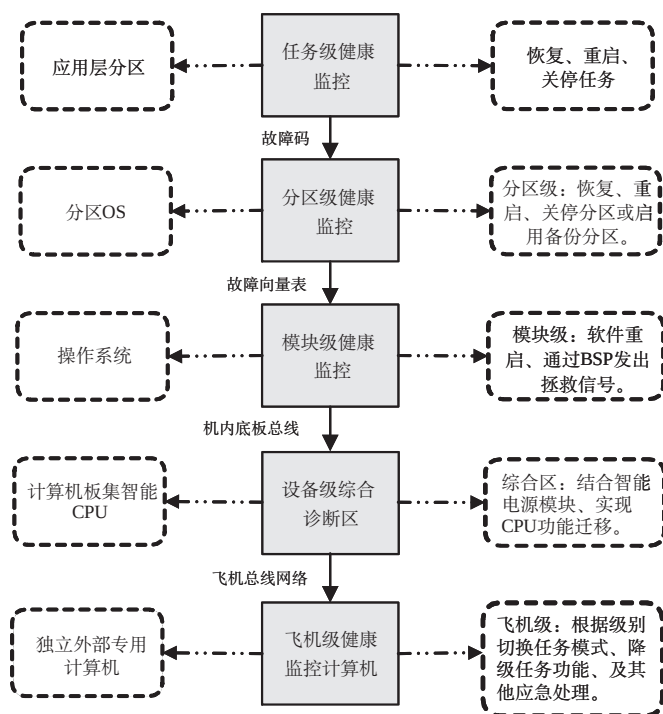


图2 五级健康监控体系

Fig.2 Five-level health monitor system

RTOS层次的健康监控分为任务级、分区级、模块级三层。是驻留在单一CPU内的健康监控体系。

在RTOS层次的健康监控中,运行的基本元素是事件,事件可以是错误,也可以是消息。错误用以表征软件中的异常、或运行到错误分支;消息可以是某种状态性的信息传递,需要健康监控做出反映。错误类型可以自定义也可以系统诊断,自定义如软件运行异常,数据超时、超合理范围、周期BIT故障等。系统诊断的错误如存储区保护错、特权执行错、溢出、零除、时间中断、输入/输出错误、配置错、截止期超时等。系统诊断错误在一般的RTOS中均已经自动挂接好相关的注入和处理程序。自定义的故障需要编写处理程序。

RTOS层健康监控通过对三个健康监控表的管理来实现,包括健康监控系统表、模块表、分区表。定义一个事件需要同时定义错误代码和错误级别,应用程序中的运行错误通过调用事件注入服务将事件提交给健康监控系统表,如图3所示。核操作系统(Core OS)根据事件状态从系统表中查找出事件派遣级别,据此将该事件派遣到不同的健康监控处理。

任务级健康监控作为一个高优先级的任务运行在应用分区之中,被派遣到任务级的健康事件将被送到这个任务进行处理。任务级健康监控根据健康事件码查找到与之对应的处理程序,处理包括关闭/挂起任务、释放信号量、对分区进行冷热启动、关闭等操作。





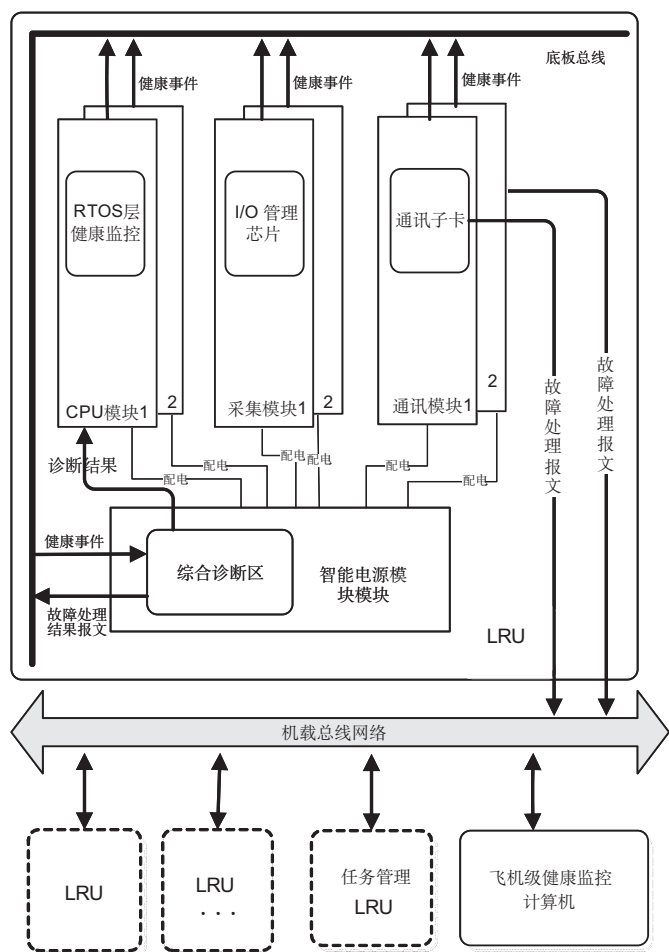


图4 综合诊断区与系统级健康监控

Fig.4 The integrated diagnose area and the system level health monitor

给出全机的功能保存程度,对飞机的任务可达性给出评估.给飞机的指挥系统做出任务判断依据。

健康报文和决策逻辑是系统级健康监控实现的技术关键。

## 2 健康处理程序设计

健康处理程序主要是软件实现对硬件功能的监管。对于RTOS三级健康监控,由于需要供多个分区调用不同级别的健康服务,健康管理分区需要创建健康服务程序、余度决策程序等。为了使分区应用开发规范、可靠,健康监控程序采用共享数据区的方式进行。创建Health Monitor.a健康服务程序包,并将该服务包进行发布,供不同系统软件调用。程序包包含供分区调用的健康故障报告函数、任务级健康服务程序、健康处理列表等。设计者只需开辟相关应用分区的使用权限,便可从健康监控共享库中调取相应的接口函数。系统

故障代码可以在健康监控库中的故障事件列表中定义。图5给出了RTOS健康监控处理程序包的示意。

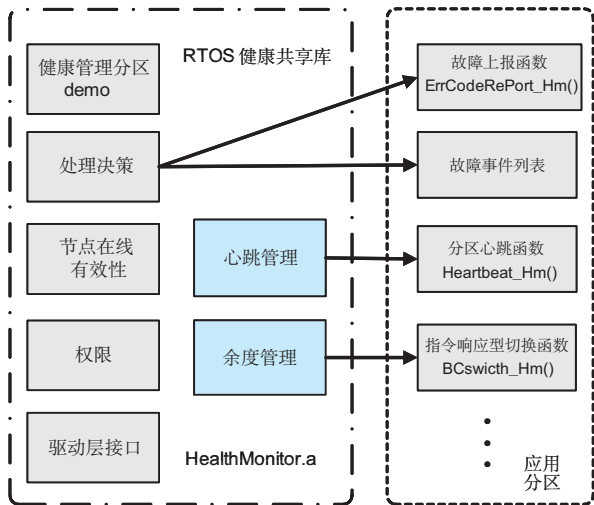


图5 RTOS健康监控处理程序包

Fig.5 The RTOS HM Process Package

综合诊断区程序的实现需要相应的硬件支持,目前主流的智能电源模块中大部分配有逻辑处理芯片,这部分可能是FPGA、DSP等可靠性较高的实现容易的CPU组建。该部分程序处理要求相对简单,可靠性高,处理操作一般通过对模块电源或者底板总线的指令控制实现。

系统级健康监控需要设计定制计算机,目前在这方面还处于工程预研阶段。

## 3 结束语

本文研究结合工程实践,对飞机系统健康监控需求进行梳理,提出一种扩展的五级健康监控体系,在原有的RTOS层健康监控的基础上扩展出设备级综合诊断区和系统级健康监控计算机。对提高飞机系统安全性、可靠性方面做出了实践探索。通过健康监控体系使得机载系统可以及时进行错误派遣和恢复,从而有效阻止系统故障蔓延。系统级健康监控是健康监控体系设计的最高环节,需要随着机载计算技术的发展进一步完善。

AST

## 参考文献

- [1] Aeronautical Radio,INC. Arinc Specification 653 Avionic Application Software Standard Interface[S]. Aeronautical Radio,INC. 1997.
- [2] Aeronautical Radio,INC. Draft 3 o f Supplement 1 to Arinc Specification 653 Avionic Application Software Standard

- Interface[S]. Aeronautical Radio, INC. 2003.
- [3] GJB5357-2003 航空电子应用软件接口要求[S].  
GJB5357-2003 Requirements for Avionics Application Software interface [S]. (in Chinese)
- [4] 张晓红, 孙高翔. 嵌入式实时操作系统中的安全性考虑[J]. 航空计算技术, 2005, 35(4):66-67.  
ZHANG Xiaohong, SUN Gaoxiang. Research of health monitor in high security real time operating system[J]. Aeronautical Computing Technique, 2005, 35(4):66-67.(in Chinese)
- [5] 李宁波, 汪溢, 俞慎, 等. 嵌入式 RTOS 健康监控技术研究[J]. 计算机工程, 2009, 35(3): 260-262.  
LI Ningbo, WANG Yi, YU Shen, et al. Research on health monitor technology of embedded real time operation system[J]. Computer Engineering, 2009, 35(3): 260-262.(in Chinese)
- [6] 杨银堂, 朱海刚. BCD 集成电路技术的研究与进展[J]. 微电子

学, 2006, 36(3):315-319.

YANG Yintang, ZHU Haigang. State-of-the-art of BCD technology and its developing trends.[J] Microelectronics, 2006, 36(3):315-319.(in Chinese)

#### 作者简介

刘冬(1983—) 男, 硕士, 工程师。主要研究方向: 飞机机电系统设计。

Tel: 029-86832146

E-mail: ldleo@sina.com

聂同攀(1978—) 男, 学士, 高级工程师。主要研究方向: 飞机配电系统设计。

王承惠(1969—) 男, 学士, 研究员。主要研究方向: 飞机机电系统顶层方案设计。

## Health Monitor System Design of Avionics Based on ARINC653 Standard

LIU Dong\*, NIE Tongpan, WANG Chenhui

AVIC The First Aircraft Institute, Xi'an 710089, China

**Abstract:** The conception of RTOS system of ARINC653 software specification is introduced. On that basis, the paper introduces the design of the five classes health monitor system including process level HM, partition level HM, module level HM, integrated diagnose area, and plane level HM. To each level health monitor. The paper discussed the function of health monitor system and the specific implementation plan of each level, and gave a outline of RTOS software package design.

**Key Words:** ealth monitor; avionics; integrated modular; ARINC653

Received: 2013-09-14; Revised: 2014-04-18; Accepted: 2014-05-10

\* Corresponding author. Tel. : 029-86832146 E-mail: ldleo@sina.com