

嵌入式操作系统内存管理分析与探讨

河南大学软件学院 孙琳 刘志丹

[摘要]在嵌入式操作系统的设计中,内存管理是极其重要的一部分。通过分析三种典型的嵌入式操作系统的内存管理,探讨了内存管理中的两个重要问题——内存管理机制和内存分配方式,为嵌入式系统内存管理的设计提供一定的参考价值。

[关键词]嵌入式 操作系统 内存管理

0、引言

虽然嵌入式系统是近几年才为人们所熟知,但是这并不是一个新的概念。从20世纪七十年代单片机的出现开始,发展到今天各式各样的嵌入式微处理器,微控制器的大规模应用,嵌入式系统的发展历史已经将近30年。

对于嵌入式系统,IEEE(电气和电子工程师协会)给出的定义是“控制、监视或者辅助装置、机器和设备运行的装置”(devices used to control,monitor,or assist the operation of equipment, machinery or plants)。而国内对于嵌入式系统的普遍定义是:以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

嵌入式系统一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统、特定的应用程序等几部分组成。其中对于嵌入式操作系统的研究,也是近些年来嵌入式系统研究的热点。

1、嵌入式操作系统

嵌入式操作系统EOS(Embedded Operating System)是一种支持嵌入式系统应用的操作系统软件,它是嵌入式系统极为重要的组成部分。运行在嵌入式环境中的EOS不同于我们常用的通用型的操作系统,它在性能和实时性方面有严格的限制,受限于有限的硬件环境,要求占用资源少,适合在有限存储空间运行,系统功能还要能够根据产品的设计要求进行剪裁、调整。

我们通常把嵌入式操作系统分为两类,一类是实时操作系统,主要是面向控制、通信等领域的,具有代表性的有WindRiver公司的Vx-Works、ISI的pSOS、QNX系统软件公司的QNX、ATI的Nucleus等;另一类是非实时操作系统,主要是面向消费电子产品的,这类产品包括个人数字助理(PDA)、移动电话、机顶盒、电子书、WebPhone等。

所有的EOS都有一个内核,内核包含了任务管理、存储管理、设备管理和文件系统管理四个功能模块。其中内存管理模块作为操作系统内核重要的一部分,其主要任务是为操作系统内核和各执行程序组织内存,跟踪当前内存使用状况,在需要时为进程分配内存,使用完毕后释放并回收内存。因此,内存管理的优劣直接影响了系统性能的好坏。

2、几种典型的嵌入式操作系统内存管理分析

2.1 VxWorks

VxWorks,是一种嵌入式实时操作系统(RTOS),是美国WindRiver公司在1983年设计开发的,被广泛地应用在通信、军事、航空、航天等高精尖技术。在美国的F-16、FA-18战斗机、B-2隐形轰炸机和爱国者导弹上都有VxWorks的身影。

VxWorks的内存按照装载的内容不同从内存的低地址开始依次分为低端内存区、VxWorks内存区、WDB内存池、系统内存池和用户保留区五部分。在低端内存区中通常包含了中断向量表、bootline(系统引导配置)和exception message(异常信息)等信息。VxWorks区存放Vx-Works image(操作系统映像)。系统内存池用于动态内存的分配(如malloc())、任务的堆栈和控制块及VxWorks运行时需要的内存。WDB内存池又叫Target Server内存池,主要用于动态下载目标模块、传送参数等。用户保留区是用户为特定应用程序保留的内存。

在内存管理方面,VxWorks系统支持静态分配和动态分配相合的内存分配方式。像低端内存区和VxWorks区采用静态分配,其大小在config.h文件中已定义,在编译和链接时可以确定操作系统映像这类的程序段的大小,从而保证VxWorks的实时性和稳定性。目标板上的两个内存池——系统内存池和WDB内存池用于动态内存分配,VxWorks中的动态内存分配采用最先匹配(First-Fit)算法。通过调用malloc从系统分区中分配,通过free释放的内存将被聚合以形成更大的空闲块。VxWorks还支持MMU,并提供两级虚拟内存支持。

2.2 μ C/OS-II

μ C/OS-II是 μ C-OS的升级版,是美国嵌入式系统专家Jean J. Labrosse用C语言编写的一个开源的多任务实时内核。 μ C/OS-II已经在世界范围内的很多领域得到广泛应用,例如手机、路由器、集线器、不间断电源、飞行器、医疗设备以及工业控制上。实际上, μ C/OS-II已经通过了非常严格的测试,并且得到了美国航空管理局的认证,可以用在飞行器上。

在 μ C/OS-II中采用灵活的分区方式来进行内存的管理,连续大块内存作为分区,每个分区可以划分为多个大小相同的内存块。但是不同的分区中的内存块大小可以不一样。使用改进过的malloc()和free()函数,可以得到和释放固定大小的内存块。这样,使得原本执行时间不确定的malloc()和free()函数执行时间变成了确定的。在一个系统中可

以有多个内存分区,应用程序可以从不同内存分区得到大小不同的内存块,释放的内存块重新放回到它之前所属的内存分区,减少了内存碎片的产生。尽管采用内存分区的方式来管理整个内存区域,使得系统在内存的分配和回收速度方面得到了提高,并且减少了内存碎片的产生,但其弊端也是显然的,内存利用率并不高。这是因为任意的内存请求使得系统都会分配固定大小的内存块以满足需求,

2.3 eCos

eCos全称是Embedded Configurable Operating System,由Redhat公司开发的一个可裁剪的嵌入式实时操作系统,它的源代码完全开放,系统的任一部分都可以由开发人员进行重新编译或修改。因为它设计产生于1997年,相对于其他的系统来说是非常年轻的,但是也正是因为出身的晚,所以在设计理念上面是比较新颖的。其全部代码使用C++编写。

eCos的内存分配既不分段也不分页,而是采用一种基于内存池的动态内存分配机制。通过两种内存池类来实现两种内存管理方法:一种是变长的内存池;另一种是定长的内存池,类似于VxWork的管理方案。支持四种内存分配策略的实现,第一种是固定块大小内存分配,使用位图来进行管理,malloc()和free()函数的执行时间固定,消除了内存碎片问题,实现简单。第二种是简单可变块大小内存分配,使用一个双向链表结构,内存分配函数try_alloc()找到合适的内存后从空闲链表中取下,然后将其插入已分配链表。第三种是分离数据元可变块大小内存分配,使用两个双向循环链表结构,利用内存分配函数try_alloc()进行内存分配,基本思想与可变块大小内存分配相似。最后一种是Doug Lea内存分配算法,采用多种内存分配策略组合,对于不同情况,会选用最好的分配算法来管理内存。

3、嵌入式操作系统内存管理核心问题探讨

3.1 管理机制

通过多种系统的分析,我们看到,常用的嵌入式系统内存管理机制分两种:虚拟内存管理机制和非虚拟内存管理机制。

采用虚拟内存管理机制的系统一般在系统中存在MMU,MMU是memory management unit的缩写,它具备内存地址映射和寻址功能,并能提供很好的内存保护。MMU的存在使操作系统的内存管理更加方便。应用程序采用虚拟地址寻址,而内存会分为大小相等的页来装载程序,程序在装入时采用的是部分装入,按需调入的存储管理策略。MMU负责完成从虚拟地址到物理地址的转换。通过虚拟内存技术,可以使系统的物理内存得到逻辑的扩大。

因为虚拟内存机制会使得系统的运行时间不确定,所以对于强实时性嵌入式系统来讲,采用虚拟内存机制不是很好的选择。对于强实时系统和没有配备MMU的系统而言,一般采用的是非虚拟内存管理机制,也称实内存管理策略。采用非虚拟内存管理机制的系统,应用程序使用的都是实际的物理地址,可以直接对应内存地址。

VxWorks的设计是支持MMU的,采用的是虚拟存储器机制,提供两级虚拟内存支持。利用MMU完成从虚拟地址到物理地址之间的转换。采用虚拟内存管理机制进行内存的管理,一般可以使不同进程有自己单独的进程空间,十分有效的提高了系统可靠性和安全性。而 μ C/OS-II和eCos则不支持MMU,采用的是实存存储器。大多数采用实存储器的嵌入式操作系统对内存空间没有保护,所有的任务共享所有的物理内存,这样虽然能够减少地址映射时间,但是一旦任务内存操作不当,会引起系统崩溃。因此,在进行嵌入式系统设计时,在管理机制的选择方面,需要结合硬件设置,考虑实时性,安全性,以决定采取哪种机制。

3.2 分配方式

内存分配方式一般分为静态分配和动态分配两种。静态分配是在程序运行前的编译或链接阶段,确定程序所需内存大小,一次性将所需要内存分配给程序,并且程序运行期间不能再申请,也不能在内存中移动;静态分配的优点是速度快且时间确定,因此对实时性要求比较高的强实时任务而言,静态分配是必须的选择。然而静态分配在设计阶段就需要确定各种情况以及所需的内存大小,因此存在不灵活,浪费资源和新功能增加困难等显著缺点。

动态分配则是程序运行过程中动态地分配内存。虽然动态内存分配会导致响应和执行时间不确定、内存碎片等问题,但是它的实现机制灵活,可以满足可靠性和实时性要求不高的任务。

对于强实时系统而言,一般采用静态的分配方式,而对实时性要求不高的系统而言,一般采用动态的分配方式。但是很多系统中既存在软实时任务,也存在硬实时任务,因此在内存分配中, (下转第279页)

《操作系统》课程教学方法探讨与研究

渭南师范学院数学与信息科学学院 周碧英

[摘要]操作系统课程是计算机学科最重要的专业核心课程之一,也是一门理论性、实践性并重的基础核心课程,内容抽象、课程教学难度大。本文从操作系统课程的教学特点出发,结合实践教学,从教学内容、方法、手段等方面探讨如何进行该课程教学改革,提高教学效果的方法。

[关键词]操作系统 教学方法 改革

0.引言

操作系统是计算机学科最重要的专业核心课程之一,是理解计算机系统工作、用户与计算机系统交互和设计开发应用系统等基本知识的重要途径。该课程在实际教学过程中,概念抽象、内容难于理解和掌握,有一定的难度,如何提高这门课程的教学效果,是一个值得探讨的问题。

1.操作系统课程的主要内容及课程教学要求

1.1 操作系统课程的主要内容及难点

课程内容主要介绍系统原理、设计方法和实现技术,这是众多操作系统的设计精髓^[1,2]。本课程主要讲述操作系统概念、进程及处理机管理、作业管理、存储管理、设备管理、文件管理、操作系统设计方法及新型操作系统等内容。课程主要内容及教学难点如下:

(1)操作系统引论:主要介绍操作系统的基本功能及特征,操作系统的发展,操作系统的结构设计;难点在于理解推动操作系统发展的主要动力,微内核OS结构。

(2)进程管理:进程的概念,进程和程序的区别,进程的状态,进程状态的变化,进程状态的转换;难点是进程的描述,操作系统与进程控制的执行。

(3)处理机调度与死锁:各种调度算法,死锁产生的必要和充分条件,死锁的预防,死锁的检测和解除;难点是银行家算法避免死锁,最低松弛度优先调度算法,成组调度方式。

(4)存储器管理:内存分配方式,基本分页分段存储管理方式,虚拟存储,页面置换算法;难点是地址变化机构,页面置换算法,缺页中断率。

(5)设备管理:I/O控制方式,缓冲管理,磁盘存储器管理,磁盘调度管理,Spooling技术;难点是SPOOLING技术,磁盘调度算法。

(6)文件管理:文件的逻辑结构和物理结构,目录管理,文件存储空间的管理,文件共享与保护;难点是目录管理,文件存储空间的管理。

(7)操作系统接口:Shell命令,系统调用,UNIX系统调用;难点是系统调用。

(8)网络操作系统:开放系统互联参考模型,客户机/服务器模式,网络操作系统提供的服务,Windows NT;难点是两层C/S与三层C/S模式。

(9)系统安全性:数据加密技术、认证技术、访问控制技术、防火墙技术;难点是数据加密技术。

(10)UNIX系统内核技术:UNIX系统概述、进程的控制、UNIX的进程管理、存储管理、设备管理、文件管理;难点是UNIX系统的内核结构。

1.2 操作系统课程的教学目标要求

通过本课程的学习,应使学生深刻理解操作系统的基本概念和运行机理,系统掌握操作系统基本原理、设计方法和实现技术,并熟悉主流操作系统的内部算法和外部界面,同时了解操作系统前沿性研究问题;应使学生具备研制、维护和使用操作系统的基本能力,并具有从事操作系统方面研究的理论基础;使学生系统科学地受到分析问题和解决问题的训练,提高运用理论知识解决实际问题的能力,从而为今后在

相关领域开展工作打下坚实的基础。

2.目前操作系统课程教学中所存在的问题

(1)原理讲解困难,专业集成度高

操作系统的知识基础较多,集成了高级语言程序设计、数据结构、计算机硬件原理、接口与外设、计算机体系结构等多种不同门类的计算机专业知识,学生在知识基础不完备、缺乏系统性学习习惯的情况下,很难深刻理解操作系统的原理^[3],由此导致教学质量无法得到有效保证。学生在学习过程中不能明确重点,由此导致学习效率和质量下降。

(2)技术剖析困难,应用约束性强

操作系统课程包含了很多重要关键的设计策略、处理机制和实现算法,在计算机科学领域的真实发展过程中,各种策略与方法的出现都受到了当时技术发展条件、应用需求趋势的约束^[4]。主观割裂这些背景信息,使得操作系统技术细节的讲授就变成了算法和代码的简单灌输,既不能激发学习的主动性,也无助于提升学生的系统分析设计能力。

3.操作系统课程教学改革探讨与研究

3.1 精心安排实验教学

上机实践是学生加深理解、培养实践能力关键的环节,一定要精心组织,合理设计,加强指导。由于实践课程的学时安排和教学环境的关系,在每次上机实践前要明确任务,做好各方面的准备工作,特别是针对每次上机操作的预习报告。因此,为了能有效地帮助广大学生对这门实践课程的顺利学习,通过利用网络教学环境,让学生在课余时间自主学习。

3.2 理论与实践相结合

本着理论与实践相结合的基本原则,注重技能训练和发展潜能培养,利用范例程序先进行示范实践教学,使学生基本掌握操作系统的算法思想。在具备一定的基本技能后,设计一些综合实验,全面提高学生解决实际问题的能力。针对理论教学的重点、难点,采取多种课堂教学模式,例如:CAI、教学网站、课堂讨论与交流、习题课等。使学生深入理解基础理论,牢固掌握操作系统的发展领域。

4.结语

《操作系统》是计算机课程体系中的核心课程,该课程的学习直接影响到高级操作系统、Linux操作系统、分布式操作系统等后续课程的学习。目前在课程教学中存在很多困难,但只要认真思考,发现问题、解决问题,从多方面深入进行教学改革与实践,就会取得满意的效果。

参考文献

- [1]张治国,刘占伟.计算机操作系统原理教学的研究[J].福建电脑,2010(01).
- [2]罗保山.操作系统课程建设探讨[J].科技信息(学术研究),2008(04).
- [3]燕彩蓉,冯向阳,刘小强.研究生“操作系统分析”课程探索[J].计算机教育,2010(22).
- [4]孟耀伟,程菊明.计算机专业汇编语言课程教学研究[J].电脑知识与技术,2010(21).

基金项目:本文系陕西省教育厅科研项目(12JK0751)。

作者简介:周碧英(1978-),女,陕西大荔人,硕士研究生,讲师,研究方向为智能计算及软件理论。

(上接第278页)不少系统采用静态分配和动态分配相结合的内存分配方式。VxWorks中采用的就是静态分配和动态分配相合的内存分配方式,低端内存区和VxWorks区采用静态分配方式,而系统内存池和WDB内存池用于动态内存分配。 μ C/OS-II采用的也是静态分配和动态分配相合的内存分配方式,而eCos采用的则是基于内存池的动态内存分配机制。不同的系统,在进行分配方式选择时,需考虑系统中各种任务的需求,采用灵活的分配方式。

4.结论

内存管理是嵌入式操作系统中很重要的一部分,通过分析VxWorks、 μ C/OS-II和eCos这三种典型系统的内存管理,我们探讨了内存管理中的两个关键问题,一个是管理机制问题,另外一个分配方式问题。在管理机制方面,一般分为虚拟内存管理机制和非虚拟内存管理

机制两种。虚拟内存管理机制可提供很好的内存管理和保护机制,但面对实时性要求很严的系统还是需要非虚拟内存管理机制。在内存分配方式方面,静态分配速度快,效率高,适合于强实时任务,但需要灵活性时就需要用动态分配方式。很多时候,在进行内存管理的设计时,需要综合分析系统需求,选择适合的管理机制及内存分配方式。

参考文献

- [1]Jean J.Labrosse 著.嵌入式实时操作系统 μ C/OS-II[M].邵贝贝等译.北京航空航天大学出版社,2003.
- [2]董明峰,谷建华.嵌入式实时操作系统eCos内存分配策略的分析[J].微电子学与计算机,2004.7.
- [3]刘东栋.VxWorks内存管理机制研究及改进[J].2007.7.