

· 发展趋势/热点技术 ·

文章编号: 1000—3428(2003)17—0001—02

文献标识码: A

中图分类号: TP316

应用于嵌入式瘦客户机的面向细胞的实时操作系统

邹志强, 徐欣圻

(中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所, 南京 210042)

摘 要: 针对瘦客户机实时服务的需求, 该文结合QNX-RTOS (One Real Time Operating System of Unix) 和CORBA, 提出了一种面向细胞的微内核实时操作系统的概念。把嵌入式瘦客户机作为细胞, 视其中的微内核操作系统为细胞核。

关键词: 嵌入式瘦客户机; 实时操作系统; 细胞请求代理

Cell-oriented Real Time Operating System Applied in Embedded Thin Client

ZOU Zhiqiang, XU Xinqi

(National Astronomical Observatories Nanjing Institute of Astronomical Optics & Technology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210042)

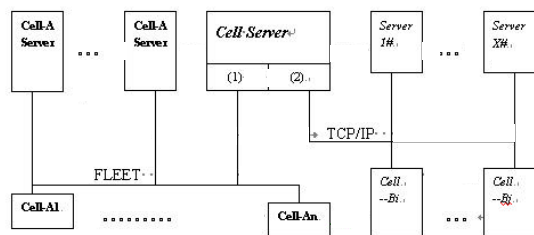
【Abstract】 In order to meet the requirement of thin client in real time service, this article presents the definition of cell-oriented real time operating system, which combines the QNX-RTOS and CORBA. People regard the embedded thin client as cell and the micro kernel RTOS as nucleolus.

【Key words】 Embedded thin client; Real time operating system; Cell request broker

1 概述

如我们所知, 面向对象模型直接映射了真实世界的问题域, 使得软件开发更自然。但现实世界的对象是复杂地耦合在一起的。面向对象技术并非对任何事物都是理想的选择, 例如, 在对于嵌入式的瘦客户机上的实时请求服务, 提出了与之相应的RTOS (参见图1, CRB中的1# process model), 而在实时要求不高的部分, 引入了面向对象观点, 给出一种面向对象的接口 (图1, CRB中的2# object model)。

操作系统就其共性而言, 可以由两个方面来理解: 一是面向应用程序的部分, 它将硬件细节与程序员隔离开来, 使编程工作不用总是涉及底层硬件; 另一方面, 操作系统是管理硬件资源的资源管理器。随着计算机网络的发展, 今后的操作系统有两个方向: 后台面向服务器的有NT、Unix、Linux等; 前台面向客户机的有胖客户机 (如MS Windows) 和瘦客户机 (如Linux、Windows CE、Cell-RTOS)。



其中□: Cell-Server 有两个网络接口 1 号、2 号。

图1 Cell Net

2 目前现状与不足

对于嵌入式的实时服务而言, 我们需要相应的实时操作系统。所谓实时系统是: 能在确定的时间内进行处理并对外部的异步事件作出响应的计算机系统。其中, 实时又分为: 硬实时和软实时, 前者意味着存在必须满足的时间限制, 而后者意味着偶尔超过时间限制是可以容忍的。对于硬实时系

统, 通常响应时间的期望值在 $\mu s \sim ms$ 级; 对于软实时系统, 通常响应时间的期望值在 $ms \sim s$ 级。

(1) MS Windows 是一个基于很多 Win32 API 函数的图形操作系统, 它给用户操作带来了方便, 但这种操作上的方便是以牺牲内核体积为代价的, 而这庞大的内核对于嵌入式是不适用的。尽管 Windows CE 有所改善, 但其基础仍是众多的 Win32 API 函数, 仍只能满足软实时的需要。

(2) Unix 是一个多用户多任务的分时操作系统, 它是一个出色的分时 OS。但其系统结构并不是很理想的: 1) 它属于模块结构, 并且模块间的关系相当复杂。例如, 模块间存在相互依赖, 甚至有一些是循环调用; 2) 它存在若干全局变量, 给系统扩充和维护带来了不便; 3) 其出色的多用户功能是以牺牲实时性为代价的, 所以它也不适合嵌入式实时服务的需求。

(3) 有些 Linux 操作系统, 改善了 Unix 的系统结构, 例如 NMT RT-Linux, 它的设计思想是“架空”Linux Kernel, 使得它的实时进程得以尽快地执行。但是, 它采用了单一内核的体系结构, 在处理实时问题仍存在不足, 它只是一个软实时的操作系统。

综上所述 MS Windows、Unix、Linux 在解决嵌入式实时问题都存在不足。所以, 我们在研制 LAMOST 国家“九五”重大科学工程时, 结合我们所使用的 QNX-RTOS, 模仿生命的组织形式, 提出了应用于瘦客户机的 Cell-RTOS, 以及与之相应的细胞和细胞核的概念。

3 瘦客户端的 Cell-RTOS

我们知道, 生物是由成千上万的执行各种功能的细胞所组成的。细胞是生物体结构和功能的基本单位, 每个细胞又包含细胞膜、细胞质和细胞核。它进一步可以构成组织、器

基金项目: 国家“九五”重大科学工程项目 LAMOST

作者简介: 邹志强 (1967—), 男, 硕士生、工程师, 主要研究方向: 计算机控制; 徐欣圻, 研究员

收稿日期: 2002-08-08 修回日期: 2002-10-30

官和生物体。设想的系统,它与生物体的对应关系,如表1。

表1 计算机与生物的关系

生物界	计算机界
细胞 (Cell)	嵌入式的瘦客户端
细胞核 (Nucleus)	微内核实时操作系统
细胞丝	网络链接
营养物质	网间信息
组织	瘦客户端群体
器官(Apparatus)	具有特定功能的计算机系统
生物世界	所有计算机系统

本文所指的细胞是指一台瘦客户机,在这台客户机中,装有我们在下面将要叙述的微内核操作系统,这个操作系统就是细胞核(狭义上定义的瘦客户机,如图1中的Cell-A)。而装有Windows这样的OS的客户机,或许像一个功能齐全的器官(广义而言,装有Windows的胖客户机,仍是一个细胞,如图1中的Cell-B)。瘦客户机中虽然只有一个微内核,但它却是一个可以完全自制的具有“生命”的最小单元,它也可以通过网络来提供服务和进行各细胞间的协调。

(1) 针对上节(3)中的不足,我们结合QNX,引入统一进程模型(图2)。

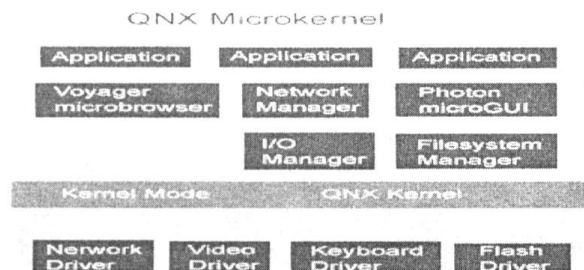


图2 统一进程模型体系结构

在图2中,每个系统进程都运行在自己的受保护的内存地址空间中。所有OS模块间的通信都通过标准的系统IPC来完成。其优点是:1) 每一个模块都是作为一个独立的进程,它在一个0起始的线性虚拟地址空间运行着,而无须担心自己的模块会覆盖其他模块的地址空间;2)对于新增设备驱动程序,也可以使用与用户进程同样的工具来调试。这样就可以用更自由的方式来实现OS子系统的扩充;3)因为组成OS的模块是在分开的、受MMU(存储器管理单元)保护的地址空间运行,所以相比之下,单体内核(例如Linux)需要重新连接内核来包含一个可选的OS模块,其结果是会引起指针的错误。曾经是一个不产生任何系统错误的内存重写,在重新连接内核之后就可能系统崩溃。

(2) 针对上节(1)和(2)中的不足,我们引入微内核结构。这种基于微内核的系统结构,其内核很小,仅为几十kB大小,可以满足嵌入式系统的需求。例如一个典型的QNX配置通常拥有4个系统进程:进程管理器(Proc),文件系统管理器(Fsys),设备管理器(Dev),网络管理器(Net)。这4个系统进程,分别提供如下4个方面的服务:进程间通信,网络接口,进程调度,中断重定向。参见图3。

正是因为我们的内核很小,从而它为应用程序,尤其是嵌入式实时的应用提供了优异性能。

(3) 为提高实时性,从两个方面来改进:1)在接受中断处理时,允许对中断优先级进行调整。例如,在QNX-RTOS的进程调度时,允许抢占剥夺优先级。QNX-RTOS让

用户能设定和改变进程的优先级;2)允许由用户选择进程调度算法。在任务调度算法上,采用一些实时算法,如:事件发生率单调算法(Liu和Layland,1993)。该算法事先为每个任务分配一个与事件发生频率成正比的优先级,调度程序总是调度优先级最高的就绪任务,必要时将剥夺当前任务的CPU使用权,让高优先级的任务先运行。最早截止优先算法。该算法的思想是,当一个事件发生时,就绪的任务被加到就绪队列中,该队列按照截止期限排序,截止期限最短的优先级最高。对周期性事件,截止时间即为事件下次发生的时间。在QNX-RTOS中,为了满足Posix 1003.1b标准的实时定义,提供了完整的、可抢先的、有优先级的上下文切换,具体的调度算法有:时间片轮转, FIFO,自适应调度。

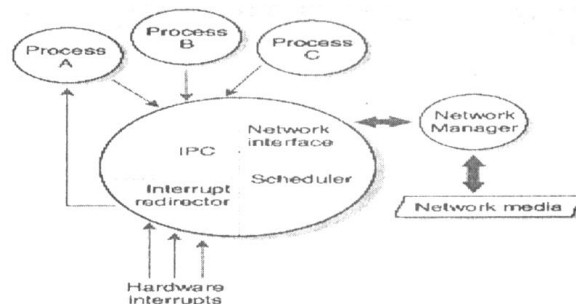


图3 QNX 微内核

(4) Cell Net

上面着重讨论了细胞核应具有自治性。现在将讨论它在满足了嵌入式和实时性之后应具有的网络特性。因为它是在瘦客户端使用的,所以必须提供网络功能,以满足于复杂服务的需要。参见图1。

图1中,(1)号接口,负责连接专用网络,即具有相同性质的细胞,Cell-A1,..., Cell-An,构成一个个组织,这些组织又构成一个专用器官,用以共同完成某些大项目。该网络采用专门的通信协议如QNX-fleet协议等,以完成实时部分的任务。(2)号接口,负责连接通用网络,采用标准的TCP/IP协议,以完成对其他类型的网上资源的访问。广义而言,相对于瘦客户机的细胞(Cell-A),装有其他操作系统(如Windows)的计算机(前台机),也可以称为细胞(Cell-B),只是细胞核不一样罢了。

1) Cell Server: 由图1可以看出,我们的系统是一个可以进行异构访问的系统,即具有不同的细胞核的细胞之间可以借助Cell Server来相互交换信息。Cell Server也可以被看成中间件。所谓中间件,是指处于应用程序及其所在系统的内部工作方式之间的软件。中间件把应用程序与系统所依附软件的较低层细节和复杂性隔离开来,使应用程序开发者只要处理某种类型的单个API,其它的细节则可以由中间件来处理,降低了应用程序开发者的负担。具体有如下组成: Cell Request Broker(细胞请求代理); Cell Services(细胞服务); Application Interfaces(应用接口); Domain Interfaces(域接口); Common Facilities(公共设施)。

2) CRB(Cell Request Broker): Cell Server核心部分是CRB。这是相对ORB(Object Request Broker)而言,它们的不同在于:CRB是解决异构平台下异构进程之间的跨越;而ORB是解决异构平台下异构对象之间的跨越。

下面着重讨论CRB,它负责内、外联系。对内,CRB负责细胞Ai和细胞Aj,组织Ai和组织Aj之间的联系,这种联系

(下转第52页)

```

:tel
:sender IPS_PAgent_WangLei
:receiver DSSP_NAgent_Nanjing_Gulou_#1007
:language IPS_ACL
:ontology IPSAG_Registration
:content (IPSAG_Reg (IPSAG_ID(String), UserName(String)))

```

图6 ACL消息实例

这个消息实例中包含了操作原语、发送者（用户“王磊”的IPS个人代理）、接受者（运行在DSSP上的编号为#1007的代理）、通信双方使用的语言和互操作内容协商，其中在内容行中指明了互操作目的及其所需参数。

4 结语

智能网发展到今天，已经拥有种类繁多的业务和巨大的市场。将各种新兴的网络技术引入现有的智能网，不但可以解决现有智能网的一些弊病，更可以为广大智能网用户提供新型的智能业务。基于移动代理的分布式智能网充分利用了开放式分布处理（ODP）、面向对象建模技术（OMT）、

（上接第2页）

是基于IPC的；对外，CRB负责组织A与其它组织，如组织B的联系，这种联系是基于TCP/IP的。可见CRB是Cell Net的关键，CRB可看作是在细胞之间建立客户/服务关系的一种中间件。基于CRB，客户可以透明地调用服务进程提供的方法，该服务进程可以与客户运行在同一台机器上，也可以运行在其他机器上通过网络与客户进行交互。CRB截取客户发送的请求，并负责在该软件总线上找到实现该请求的服务进程，然后完成参数、方法调用，并返回最终结果。

对CRB的设想是采用一个抽象的结构模型，它包含进程模型和对象模型两部分。模型强调的是对操作的概念化描述，而不涉及操作的具体实现细节。其中，进程模型(1# process model)着重处理实时部分，它的基础是IPC（进程间通信）；对象模型(2# object model)着重处理非实时部分，它将采用解释语言。CRB结构图如图4。

图4给出了一个瘦客户（Cell Client）端的程序访问某项

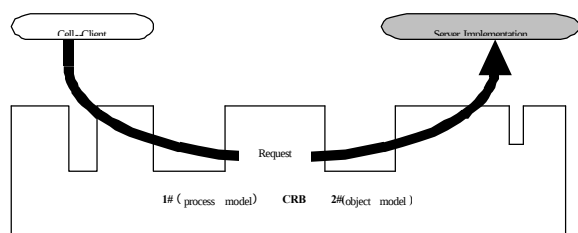


图4 CRB结构图

服务(Server Implementation)的示意图。其中的客户端希望调用该Server上的一个操作，而操作（包括数据和代码）的真正实现在Server上。CRB先负责接受客户端的请求并寻找该请求的实现，然后激活请求的实现部分，并发送该请求所需的数据。客户端的调用接口完全独立于该请求实现的物理位置和所使用的实现语言。

3) 以上是受到CORBA作为软件总线的启发。其中，2# object model 提供友好的对象接口和标准的通信协议(TCP/IP)，但这是以牺牲实时性为代价的；下面结合 QNX-RTOS，讨论实现1# process model的一些方法。由图3(—52—

分布对象计算（DOC）、主动网络技术以及移动代理技术（MAT）的优势和特点，具有巨大的发展潜力和美好的市场前景，成为现有智能网的一个重要的研究和演进方向。

参考文献

- 1 ITU-T SG11 Baseline Document. Proposal of a New Structure for the Service Modeling. 1999-02
- 2 Breugst M. Mobile Agents- enabling Technology for Active Intelligent Network Implementation. IEEE Network, 1998,12(5):53-60
- 3 OMG Standard. CORBA/TC Internetworking and SCCP Inter-ORB Protocol Specification. 2000-02
- 4 OMG Standard. CORBA Services: Common Object Services Specification[s]. 1998-12
- 5 FIPA Specification. FIPA Agent Software Integration Specification. 2001-08

QNX 微内核)可以看出，一个用于网络通信的低层“挂钩”已被直接设计到微内核中。当选择了网络管理器时，网络管理器就会被连接到微内核，此时在局域网(Cell-Ai, Cell-Server-Aj)上移动的消息是基于进程间通信的，它采用的是专用通信协议（如QNX-FLEET）。又因为所有的系统服务（包括进程创建、调试、文件和设备I/O）也都是通过微内核来传送消息的。所以，它不仅可以提供优异的传输速率，而且可以把所有局域网上的微内核(Cell)融合成一个单一的逻辑上的微内核(器官)。那么，在该局域网上的任何进程提供的任何服务，均可被网络上的任何进程透明地访问。这是与TCP/IP的标志性的差异，TCP/IP只是明显地提供了一系列标准的服务——典型的终端任务和文件I/O。

4 结束语

随着PC时代的到来，人们对嵌入式应用的需求将越来越多。Cell（嵌入式的瘦客户机）将无处不在，但Cell处处不可见，因为它已被嵌入到各种设备中，例如：Controllers, PDA, Cellular Phone, Appliances等。我们所设想的细胞核（面向细胞的实时操作系统）正是为了满足实时Cell的需求。在我们的LAMOST控制系统中，存在着很多计算机及不同的操作系统，如何使它们协调工作？正是基于这一想法，我们希望能对所使用的QNX操作系统进行修改，使其在控制部分能满足实时需要，在界面部分能满足友好和透明性需要。当然，一个真正实用的操作系统的实现，还有待于大家共同探索。

参考文献

- 1 汤子瀛, 杨成忠. 计算机操作系统. 西安: 西北电讯工程学院出版社, 1984
- 2 吕健, 柏文阳. 南京大学计算机系研究生讲课笔记. 2001-03
- 3 Hildebrand D. An Architectural Overview of QNX. QNX Software Systems Ltd., 1998-04
- 4 徐欣圻. QNX实时操作系统及其在大型天文望远镜上应用前景初探. 天文仪器与技术, 1999,(12): 61-72
- 5 刘克龙. 一种新型的网络安全实现方法: 基因计算机. 计算机学报, 2000,(3): 324-329