

嵌入式操作系统 EOS (Embedded OperatingSystem) 是一种用途广泛的系统软件, 过去它主要应用于工业控制和国防系统领域。EOS 负责嵌入系统的全部软、硬件资源的分配、调度工作, 控制协调并发活动; 它必须体现其所在系统的特征, 能够通过装卸某些模块来达到系统所要求的功能。目前, 已推出一些应用比较成功的 EOS 产品系列。随着 Internet 技术的发展、信息家电的普及应用及 EOS 的微型化和专业化, EOS 开始从单一的弱功能向高专业化的强功能方向发展。嵌入式操作系统在系统实时高效性、硬件的相关依赖性、软件固态化以及应用的专用性等方面具有较为突出的特点。EOS 是相对于一般操作系统而言的, 它除具备了一般操作系统最基本的功能, 如任务调度、同步机制、中断处理、文件功能等外, 还有以下特点:

- (1) 可装卸性。开放性、可伸缩性的体系结构。
- (2) 强实时性。EOS 实时性一般较强, 可用于各种设备控制当中。
- (3) 统一的接口。提供各种设备驱动接口。
- (4) 操作方便、简单、提供友好的图形 GUI, 图形界面, 追求易学易用。
- (5) 提供强大的网络功能, 支持 TCP 门 P 协议及其它协议, 提供 TCP / UDP / IP / PPP 协议支持及统一的 MAC 访问层接口, 为各种移动计算设备预留接口。
- (6) 强稳定性, 弱交互性。嵌入式系统一旦开始运行就不需要用户过多的干预, 这就要负责系统管理的 EOS 具有较稳定的稳定性。嵌入式操作系统的用户接口一般不提供操作命令, 它通过系统调用命令向用户程序提供服务。
- (7) 固化代码。在嵌入系统中, 嵌入式操作系统和应用软件被固化在嵌入式系统计算机的 ROM 中。辅助存储器在嵌入式系统中很少使用, 因此, 嵌入式操作系统的文件管理功能应该能够很容易地拆卸, 而用各种内存文件系统。
- (8) 更好的硬件适应性, 也就是良好的移植性。

国际上用于信息电器的嵌入式操作系统有 40 种左右。现在, 市场上非常流行的 EOS 产品, 包括 3Corn 公司下属子公司的 Palm OS, 全球占有份额达 50%, MicroS. fi 公司的 Wind. ws CE 不过 29%。在美国市场, Palm OS 更以 80% 的占有率远超 Windows CE。开放源代码的 Linux 很适于做信息家电的开发。

比如: 中科红旗软件技术有限公司开发的红旗嵌入式 Linux 和美商网虎公司开发的基于 Xlinux 的嵌入式操作系统“夸克”。“夸克”是目前全世界最小的 Linux, 它有两个很突出的特点, 就是体积小和使用 GCS 编码。

常见的嵌入式系统有: Linux、uClinux、WinCE、PalmOS、Symbian、eCos、uCOS-II、VxWorks、pSOS、Nucleus、ThreadX、Rtems、QNX、INTEGRITY、OSE、C Executive。

嵌入式操作系统的发展

1. 引言

嵌入式操作系统与嵌入式系统密不可分。嵌入式系统主要由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及用户的应用程序等四个部分组成，它是集软硬件于一体的可独立工作的“器件”。

嵌入式技术的发展，大致经历了四个阶段[1]。

第一阶段是以单芯片为核心的可编程控制器形式的系统，同时具有与监测、伺服、指示设备相配合的功能。这种系统大部分应用于一些专业性极强的工业控制系统中，一般没有操作系统的支持，通过汇编语言编程对系统进行直接控制，运行结束后清除内存。

第二阶段是以嵌入式 CPU 为基础、以简单操作系统为核心的嵌入式系统。这一阶段的操作系统具有一定的兼容性和扩展性，但用户界面不够友好。

第三阶段是以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。这一阶段系统的主要特点是：嵌入式操作系统能运行于各种不同类型的微处理器上，兼容性好；操作系统内核精小、效率高，并且具有高度的模块化和扩展性；具备文件和目录管理、设备支持、多任务、网络支持、图形窗口以及用户界面等功能；具有大量的应用程序接口（API），开发应用程序简单；嵌入式应用软件丰富。

第四阶段是以基于 Internet 为标志的嵌入式系统，这是一个正在迅速发展的阶段。目前大多数嵌入式系统还孤立于 Internet 之外，但随着 Internet 的发展以及 Internet 技术与信息家电、工业控制技术等结合日益密切，嵌入式设备与 Internet 的结合将代表着嵌入式技术的真正未来[2]。

嵌入式系统的发展对嵌入式操作系统提出了更高的要求。因此，对嵌入式操作系统的结构、设计、用户界面等诸多方面进行深入研究，将有助于嵌入式系统的应用和发展。

2. 嵌入式操作系统的特点

2.1 嵌入式系统的开发人员对操作系统的依赖性

早期的硬件设备很简单，软件的编程和调试工具也很原始，与硬件系统配套的软件都必须从头编写。程序大都采用宏汇编语言，调试是一件很麻烦的事。随着系统越来越复杂，操作系统就显得很必要。

(1) 操作系统能有效管理越来越复杂的系统资源。

(2) 操作系统能够把硬件虚拟化，使得开发人员从繁忙的驱动程序移植和维护中解脱出来。

(3) 操作系统能够提供库函数、驱动程序、工具集以及应用程序。

在 70 年代的后期，出现了嵌入式系统的操作系统。在 80 年代末，市场上出现了几个著名的商业嵌入式操作系统，包括 Vxwork、Nucleus、QNX 和 Windows CE 等，这些系统提供性能良好的开发环境，提高了应用系统的开发效率。

2.2 嵌入式操作系统的特点

与其他类型的操作系统相比，嵌入式操作系统具有以下一些特点。

(1) 体积小。嵌入式系统有别于一般的计算机处理系统，它不具备像硬盘那样大容量的存储介质，而大多使用闪存（Flash Memory）作为存储介质。这就要求嵌入式操作系统只能运行在有限的内存中，不能使用虚拟内存，中断的使用也受到限制。因此，嵌入式操作系统必须结构紧凑，体积微小。

(2) 实时性。大多数嵌入式系统都是实时系统，而且多是强实时多任务系统，要求相应的嵌入式操作系统也必须是实时操作系统(RTOS)[8]。实时操作系统作为操作系统的一个重要分支已成为研究的一个热点，主要探讨实时多任务调度算法和可调度性、死锁解除等问题。

(3) 特殊的开发调试环境。提供完整的集成开发环境是每一个嵌入式系统开发人员所期待的。一个完整的嵌入式系统的集成开发环境一般需要提供工具是编译/连接器、内核调试/跟踪器和集成图形界面开发平台。其中的集成图形界面开发平台包括编辑器、调试器、软件仿真器和监视器等。

3. 嵌入式操作系统的发展状况

国外嵌入式操作系统已经从简单走向成熟,主要有 Vxwork、QNX、PalmOS、Windows CE 等。国内的嵌入式操作系统研究开发有 2 种类型,一类是基于国外操作系统二次开发完成的,如海信的基于 Windows CE 的机顶盒系统;另一类是中国自主开发的嵌入式操作系统,如凯思集团公司自主研制开发的嵌入式操作系统 Hopen OS (“女娲计划”)等。

Windows CE 内核较小,能作为一种嵌入式操作系统应用到工业控制等领域。其优点在于便携性、提供对微处理器的选择以及非强行的电源管理功能。内置的标准通信能力使 Windows CE 能够访问 Internet 并收发 E_mail 或浏览 Web。除此之外,Windows CE 特有的与 Windows 类似的用户界面使最终用户易于使用。Windows CE 的缺点是速度慢、效率低、

3COM 公司的 Palm OS 在掌上电脑和 PDA 市场上独占其霸主地位,它有自己的操作系统应用程序接口(API),开发商可根据需要自行开发所需的应用程序。

QNX 是由加拿大 QSSL 公司开发的分布式实时操作系统,它由微内核和一组共操作的进程组成,具有高度的伸缩性,可灵活地剪裁,最小配置只占用几十 KB 内存。因此,可以广泛地嵌入到智能机器、智能仪器仪表、机顶盒、通讯设备、PDA 等应用中去[6][7]。

Hopen OS 是凯思集团自主研制开发的嵌入式操作系统,由一个体积很小的内核及一些可以根据需要进行定制的系统模块组成。其核心 Hopen Kernel 一般为 10KB 左右大小,占用空间小,并具有实时、多任务、多线程的系统特征。

在众多的实时操作系统和嵌入式操作系统产品中,WindRiver 公司的 VxWorks 是较为有特色的一种实时操作系统[5]。VxWorks 支持各种工业标准,包括 POSIX、ANSI C 和 TCP/IP 网络协议。VxWorks 运行系统的核心是一个高效率的微内核,该微内核支持各种实时功能,包括快速多任务处理、中断支持、抢占式和轮转式调度。微内核设计减轻了系统负载并可快速响应外部事件。在美国宇航局的“极地登陆者”号、“深空二号”和火星气候轨道器等登陆火星探测器上,就采用了 VxWorks,负责火星探测器全部飞行控制,包括飞行纠正、载体自旋和降落时的高度控制等,而且还负责数据收集和与地球的通信工作。目前在全世界装有 VxWorks 系统的智能设备数以百万计,其应用范围遍及互联网、电信和数据通信、数字影像、网络、医学、计算机外设、汽车、火控、导航与制导、航空、指挥、控制、通信和情报、声纳与雷达、空间与导弹系统、模拟和测试等众多领域。

4. Linux

4.1 嵌入式 Linux 的应用开发前景

Linux 是个与生俱来的网络操作系统,成熟而且稳定。Linux 是源代码开放软件,不存在黑箱技术,任何人都可以修改它,或者用它开发自己的产品。Linux 系统是可以定制的,系统内核目前已经可以做得很小。一个带有中文系统及图形化界面的核心程序也可以做到不足 1MB,而且同样稳定。Linux 作为一种可剪裁的软件平台系统,是发展未来嵌入设备产品的绝佳资源,遍布全球的众多 Linux 爱好者又能给予 Linux 开发者强大的技术支持。因此,Linux 作为嵌入式系统新的选择,是非常有发展前途的。

(1) 与硬件芯片的紧密结合

后 PC 时代的智能设备已经逐渐地模糊了硬件与软件的界限,SOC 系统(System On Chip)的发展就是这种软硬件无缝结合趋势的证明。随着处理器片内微码的发展,在将来可能出

现在处理器片内嵌进操作系统的代码模块。

嵌入式 Linux 的一大特点是：与硬件芯片(如 SOC 等)的紧密结合。它不是一个纯软件的 Linux 系统，而比一般操作系统更加接近于硬件。嵌入式 Linux 的进一步发展，逐步地具备了嵌入式 RTOS 的一切特征：实时性及与嵌入式处理器的紧密结合。

(2) 开放的源代码

嵌入式 Linux 的另一大特点是：代码的开放性。代码的开放性是与后 PC 时代的智能设备的多样性相适应的。代码的开放性主要体现在源代码可获得上，Linux 代码开发就像是“集市式”开发，任意选择并按自己的意愿整合出新的产品。

对于嵌入式 Linux，事实上是把 BIOS 层的功能实现在 Linux 的 driver 层。目前，在 Linux 领域，已经出现了专门为 Linux 操作系统定制的自由软件的 BIOS 代码，并在多款主板上实现此类的 BIOS 层功能。

(3) 嵌入式 Linux 与硬件芯片的紧密结合

对于许多信息家电的应用来说，嵌入的性能指标是最难满足的，只有靠提高芯片的集成度与装配密度来解决。嵌入式 Linux 与标准 Linux 的一个重要区别是嵌入式 Linux 与硬件芯片的紧密结合。这是一个不可逾越的难点，也是嵌入式 Linux 技术的关键之处。嵌入式 Linux 和商用专用 RTOS 一样，需要编写 BSP (Board Support Package)，这相当于编写 PC 的 BIOS。这不仅仅是嵌入式 Linux 的难点，也是使用商用专用 RTOS 开发的难点。硬件芯片 (SOC 芯片或者是嵌入式处理器) 的多样性也决定了代码开放的嵌入式 Linux 的成功。嵌入式系统的发展，必然导致软硬件无缝结合的趋势，逐渐地模糊了硬件与软件的界限，在将来可能出现 SOC 片内的操作系统代码模块。

随着处理器片内微码的发展，在将来应出现在处理器片内嵌进操作系统的代码模块，很显然模块将具有安全性好、健壮性强、代码执行效率高等特点。着眼于未来的嵌入式系统的发展，我们基于对嵌入式 Linux 技术的深入研究，对嵌入式处理器及 SOC 系统的深刻理解和研究；对 EDA 技术的深入研究；对模拟数字混合集成电路芯片的深入研究；对 SOC 片内进行嵌入式 Linux 操作系统代码的植入研究。此类研究有可能减轻系统开发者对 BSP 开发的难度要求，并使得嵌入式 Linux 能够成为普及的嵌入式操作系统，而大大提高嵌入式 Linux 的易用性，提高其开发出的高智能设备的安全性、稳定性，同时也大大提高智能设备的计算能力、处理能力。

4.2 部分嵌入式 Linux 产品[3][4]

嵌入式 Linux 一般是按照嵌入式目标系统的要求而设计，由一个体积很小的内核及一些可以根据需要进行随意裁减的系统模块组成。一般来说整个系统所占用的空间不会超过几 M 大小。目前，国外不少大学、研究机构和知名公司都加入了嵌入式 Linux 的开发工作，较成熟的嵌入式 Linux 产品不断涌现。

由美国新墨西哥理工学院开发的基于标准 Linux 的嵌入式操作系统 RTLinux，已成功地应用于航天飞机的空间数据采集、科学仪器测控、电影特技图像处理等领域。RTLinux 开发者并没有针对实时操作系统的特性重写 Linux 的内核，这样做工作量会非常大，而且要保证兼容性也非常困难。为此，RTLinux 提供了一个精巧的实时内核，并把标准的 Linux 核心作为实时核心的一个进程同用户的实时进程一起调度，这样做的好处是对 Linux 的改动量最小，充分利用了 Linux 平台下现有的丰富的软件资源。

由嵌入式 Linux 行业主要厂商之一 Lineo 推出的 Embedix，是根据嵌入式应用系统的特点重新设计的 Linux 发行版本。Embedix 提供了超过 25 种的 Linux 系统服务，包括 Web 服务器等。系统需要最小 8M 内存，3M 只读内存或闪存。Embedix 基于 Linux 2.2 核心，并已经成功地移植到了 Intel X86 和 PowerPC 处理器系列上。

由美国网虎公司推出的 XLinux，号称是世界上最小的嵌入式 Linux 系统，核心只有 143K

字节，而且还在不断减小。

致力于国产嵌入式 Linux 操作系统和应用软件开发的广州博利思软件公司推出的嵌入式 Linux 中文操作系统 POCKETIX，基于标准的 Linux 内核，并包括一些可以根据需要进行定制的系统模块。支持标准以太网和 TCP / IP 协议、支持标准的 X Window，中文支持采用国际化标准，提供桌面和窗口管理功能、带 WEB 浏览器和文件管理器，并支持智能拼音和五笔字型输入。可适应个人 PDA、WAP 手机、机顶盒等广泛的智能信息产品。

4.3 开发嵌入式 Linux 的几个问题

(1) Linux 的移植。如果 Linux 不支持选用的平台，就需要把 Linux 内核中与硬件平台相关的部分改写，使之支持所选用的平台。

(2) 内核的裁剪。嵌入式产品的可用资源比较少，所以它的内核相对嵌入式系统来说就显得有点大，需要进行剪裁到可利用的大小。

(3) 桌面系统。现代的操作系统如果没有一个友好的界面是没有说服力的。现在的台式机 Linux 系统使用了传统的 X Window 系统的模式——Client/Server 结构。和硬件有关的部分即是 Server 端，实现一个标准的显示接口；应用程序通过对 Server 的服务请求，实现程序的显示。在此之上，实现窗口的管理功能。但 X Window 对于嵌入式系统来说显得很庞大。现在国内有 MiniGUI，国外有 MicroWindow，都在致力于嵌入式 Linux GUI 的开发。适用于嵌入式 Linux 上的 X Window 的工作也在进行。

(4) 驱动程序的开发。Linux 内核更新的很快，许多最新的硬件驱动很快就被支持。但嵌入式系统应用领域是多种多样的，所选用的硬件设备也不同，并且不可能都有 Linux 的驱动程序，因此，设备驱动程序的开发也是重要的工作。

(5) 应用软件的开发。

(6) 中文的支持。

5. 结束语

目前，绝大部分嵌入式系统的硬件平台还掌握在外国公司的手中，国产的嵌入式操作系统在技术含量、兼容性、市场运作模式等方面也还有很多工作要做，我们应该在跟踪国外嵌入式操作系统的最新技术的同时，坚持自主产权，力争找到自己的突破点，探索出一条自己的发展道路。