

面向对象技术在嵌入式开发中的应用 *

袁 明¹, 张连芳¹, 董 淼¹, 赵 宇², 郑 武²

(1. 天津大学 电信学院 计算机系, 天津 300072; 2. 天大天财公司, 天津 300000)

摘 要: 随着信息技术的发展, 对嵌入式系统的研究与开发也成为当前的一个热点。由于 PC 机上应用的 GUI 占用资源太多, 不适合嵌入式的应用, 因此嵌入式系统对轻量级 GUI 的需求越来越迫切。首先介绍了嵌入式系统及其相关概念, 并针对图形用户界面在嵌入式系统中的重要性, 从技术角度对其进行了详细介绍, 最后结合当前流行的面向对象技术, 介绍了该技术在开发 TianCai GUI 2.0 过程中的应用。

关键词: 嵌入式系统; 面向对象; 图形用户界面; 浏览器

中图分类号: TP311.52 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2003)02-0048-03

Application of Object-Oriented Technology in Embedded System Development

YUAN Ming¹, ZHANG Lian-fang¹, DONG Miao¹, ZHAO Yu², ZHENG Wu²

(1. Dept. of Computer, College of Electronic & Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China; 2. Tianda Tiancai Co. Ltd, Tianjin 300000 China)

Abstract: With the progress of Information Technology, research and development of embedded system become current hot spot. For the GUI of PC is not suitable for embedded system because of limited resources in embedded environment, the light-weighted GUI must be designed to meet the needs of embedded system. In this paper, we introduce the basic conception and application of embedded system firstly. Then GUI is discussed in detail from the technically view. At last, the application of Object-Oriented technology during the developing of the TianCai GUI2.0 is presented.

Key words: Embedded System; Object-Oriented; GUI; Browser

在当前数字信息技术和网络技术高速发展的后 PC (Post-PC) 时代, 嵌入式系统已经广泛渗透到科学研究、工程设计、军事技术、各类产业和商业文化艺术、娱乐业以及人们日常生活的方方面面。随着国内外嵌入式产品如车载电脑、机顶盒等的进一步开发和推广, 嵌入式技术越来越与人们的生活紧密结合起来。

1 嵌入式系统相关概念及其特点

嵌入式系统被定义为以应用为中心, 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、功耗的严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统主要由嵌入式处理器、相关支撑硬件和嵌入式软件系统组成, 它是集软硬件于一体的、可独立工作的“器件”。嵌入式软件包括与硬件相关的底层软件、操作系统、图形界面、通讯协议、数据库系统、标准化浏览器和应用软件等。

早在 1970 年, 嵌入式系统的概念就已经出现。它们大部分是由汇编语言完成的, 而这些汇编程序只能用于某一种固定的微处理器。在这种微处理器过时之后, 该嵌入式系统也就无法继续使用, 并且还要为新的微处理器重新编写嵌入式系统。这个时期的嵌入式系统很多都不是真正的操作系统, 而只是为了实现某个控制功能, 使

用一个简单的循环控制对外界控制请求进行处理的程序。不可否认, 这对一些简单的系统而言是足够的。但是当系统越来越复杂, 应用范围越来越广泛时, 如要在此基础上添加任一项新功能都可能需要从头开始设计, 所以缺少操作系统就成为了一个最大的缺点。

而 C 语言的出现使得操作系统开发变得越来越简单。应用 C 语言我们可以很快地写出一个小型的、稳定的操作系统。众所周知, C 语言的作者 Dennis M. Ritchie 和 Brian W. Kernighan 利用它写出了著名的 Unix 操作系统, 直接影响了这三十年计算机业的发展。同时, 对开发嵌入式系统来说, 使用这样的操作系统使得其在效率和速度上都得到了很大的提高。

2 面向对象技术

近几年来, 面向对象技术无论是在理论上还是实践上都在飞速地发展。面向对象技术中最重要的就是“对象”的概念。这种“对象”具有一定的属性和方法, 这里的属性指对象本身的各种特性参数。一个具体的对象可以有许多的属性和方法, 面向对象技术的重要特点就是对象的封装性, 对于外界而言, 并不需要知道对象有哪些属性, 也不需要知道对象本身的方法是如何实现的, 而只需要调用对象所提供的方法来完成特定的功能。从这里我们可以看出, 当把面向对象技术应用到程序设计中时, 程序员只是在编写对象方法时才需要关心对象本身的细节

问题,大部分的时间是放在通过调用对象的方法来组织这些对象进行协同工作。

面向对象技术有以下的优点:

(1)维护简单。模块化是面向对象编程中的一个特征。实体被表示为类和同一名字空间中具有相同功能的类,我们可以在名字空间中添加一个类而不会影响该名字空间的其它成员。

(2)可扩充性。面向对象编程从本质上支持扩充性。如果有一个具有某种功能的类,就可以很快地扩充这个类,创建一个具有扩充的功能的类。

(3)代码重用。由于功能是被封装在类中的,并且类是作为一个独立实体而存在的,提供一个类库就非常简单了。

面向对象的方法克服了原有软件系统规模庞大、研制周期长、维护费用高、软件系统过于复杂、应用软件不易集成等困难。随着 OOP(面向对象编程)向 OOD(面向对象设计)和 OOA(面向对象分析)的发展,最终形成面向对象的软件开发方法 OMT(Object Modeling Technique)。这是一种自底向上和自顶向下相结合的方法,而且它以对象建模为基础,不仅考虑了输入、输出数据结构,实际上也包含了所有对象的数据结构。

面向对象技术在软件设计当中占有非常重要的地位,但面向对象并不是 C++ 等语言的专利。实际上,在诸如操作系统等系统软件当中,面向对象技术的使用是非常广泛的。利用 C 语言实现面向对象技术,不仅结构清晰,而且在执行效率等方面也有 C++ 等语言无法比拟的优势。

3 面向对象技术在嵌入式浏览器中的应用

由于嵌入式开发中最重要的支持就是 GUI(图形用户界面),所以本部分结合面向对象技术着重介绍了该技术天财嵌入式 GUI 2.0 开发中的应用。

3.1 嵌入式 GUI(图形用户界面)

3.1.1 图形用户界面的模型结构

一个图形用户界面系统通常由三个基本层次组成,它们是显示模型、窗口模型和用户模型。用户模型包含了显示和交互的主要特征,因此图形用户界面这一术语有时也仅指用户模型。图 1 给出了图形用户界面系统的层次结构。

桌面管理系统
用户模型
窗口模型
显示模型
操作系统
硬件平台

图 1 图形用户界面系统的层次结构

图 1 中的最底层是计算机硬件平台,如 Macintosh, Sun SPARC 等。硬件平台的上面是计算机的操作系统。当前大多数图形用户界面系统都只能在一两种操作系统上运行,只有少数的产品例外。

操作系统之上是图形用户界面的显示模型。它决定了图形在屏幕上的基本显示方式。不同的图形用户界面系统所采用的显示模型各不相同。例如大多数在 Unix

之上运行的图形用户界面系统都采用 X 窗口作为显示模型;MS Windows 则采用 Microsoft 公司自己设计的图形设备接口(GDI)作为显示模型。

显示模型之上是图形用户界面系统的窗口模型。窗口模型确定窗口如何在屏幕上显示,如何改变大小,如何移动,以及窗口的层次关系等。它通常包括两个部分:①编程工具;②对如何移动、输出和读取屏幕显示信息的说明。因为 X 窗口不但规定了如何显示基本图形对象,也规定了如何显示窗口,所以它不但可以充当图形用户界面的显示模型,也可以充当它的窗口模型。

窗口模型之上是用户模型,图形用户界面的用户模型又称为图形用户界面的视感。它也包括两个部分:①构造用户界面的工具;②对于如何在屏幕上组织各种图形对象,以及这些对象之间如何交互的说明。比如,每个图形用户界面模型都会说明它支持什么样的菜单和什么样的显示方式。

图形用户界面系统的应用程序接口由其显示模型、窗口模型和用户模型的应用程序接口共同组成。例如 OSF/Motif 的应用程序接口就是由它的显示模型、窗口模型的应用程序接口 Xlib 和用户模型的应用程序接口 Xt Intrinsics 及 Motif Toolkit 共同组成的。

3.1.2 GUI 在嵌入式系统中的地位

近年来的市场需求显示,越来越多的嵌入式系统,如 PDA、机顶盒、DVD/VCD 播放机、WAP 手机等均要求提供全功能的 Web 浏览器。这包括对 HTML 4.0,JavaScript 甚至 Java 虚拟机的支持。而这一切均要求高性能、高可靠的 GUI 支持。但是在常见的 PDA 等小型手持式设备上,由于硬件条件等的限制,我们看到的用户界面都非常简单,几乎看不到 PC 机上华丽美观的 GUI 支持。但最近出现的 Palm 等手持式电脑或者在 Windows CE 等面向嵌入式系统的操作系统上,我们已经看到了完整的图形用户界面支持。随着手持式设备硬件条件的提高,嵌入式系统对轻量级 GUI 的需求会越来越迫切。

此外必须注意的一点是,嵌入式系统往往应用于某种定制设备,它对 GUI 的需求也各不相同:有的系统只要求一些图形功能,而有的系统要求完备的 GUI 支持。因此,GUI 也必须是可定制的,以适应不同设备的要求。

综上所述,GUI 在嵌入式系统中的地位将越来越重要,这些系统对 GUI 的基本要求包括:①轻型、占用资源少;②高性能;③高可靠性;④可配置。

3.2 面向对象技术的应用

TianCai GUI 2.0 是天大天财公司开发的嵌入式 Linux 2.0 GUI。它利用了 Linux 操作系统免费开放全部源代码并不断升级完善的优势,主要目的是为了满足不同媒体电视产品的特殊需求,并且提供针对浏览器应用平台的支持。本设计是基于天财 Linux 1.0 设计基础之上,参照 MiniGui 的一些算法,针对 1.0 版本的一些缺陷和不足所形成的 2.0 GUI 体系结构。系统为上层应用提供方便的 API 调用,包括窗口 API、图形 API、消息 API 等;在底层,本系统采用设备输入接口和图形输出接口抽象层,以兼容不同的设备驱动程序。

为了保持其良好的可移植性和运行效率,天财 GUI

中 99% 以上的代码是 C 代码。同时,为了保证其中 GUI 部分具有良好的灵活性和可扩展性,在 GUI 的开发中使用了許多面向对象的技术。

3.2.1 分层结构设计

目前流行的 GUI 大都采取分层结构设计,天财 GUI 2.0 系统软件也采用了这种分层的结构设计,并允许根据需要对不同的层次进行重写和替换,具体结构如图 2 所示。其中图形引擎是实现顶层图形操作的抽象接口的底层代码。抽象接口是在抽象层定义的,它不依赖于任何特殊硬件。所有顶层的图形操作和输入处理都建立在抽象接口之上。这种分层结构实际上就是一种面向对象的程序结构,目的是将底层实际的不同图形驱动抽象成对上层的统一接口。

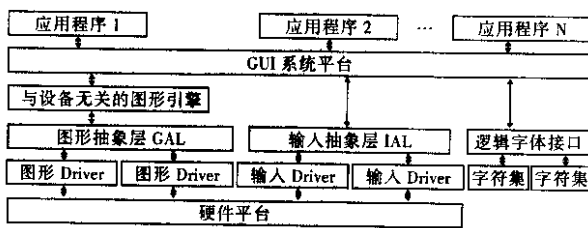


图 2 GUI 分层结构图

3.2.2 统一接口实例

设计 GUI 与浏览器接口的主要目的是将嵌入式浏览器解析出来的内容正确地传送给 GUI 的绘图函数,以便 GUI 将 HTML 文档的内容在屏幕上正确地显示。为了简化嵌入式浏览器开发人员的编码工作,我们在 GUI 与浏览器的接口设计上使用了面向对象技术,这个接口对于浏览器应用来说只是一个简单的函数调用,而无需去考虑由于不同的控件元素而调用不同的函数,从而降低了浏览器开发人员工作的复杂性。下面我们就来详细地说明这个接口的实现思想。

在浏览器对 HTML 文档进行解析的过程中,首先生成一个解析的元素链,主要包括的元素有文本元素(Text Element)、图片元素(Image Element)、按钮元素(Button Element)、表格元素(Table Element)、线元素(Line Element)等。为了便于系统统一处理和节省空间,我们使用了面向对象技术,在设计中将控件元素的公共属性放在一个统一的 Element 结构中,用相应的标识字段指明对应的具体元素类型和一个 void * 指针指向具体的元素结构。

Element 数据结构如下:

```
typedef enum{TCHECKBOX = 1, TFILE, THIDDEN, TPASSWORD, TRADIO,
TRESET, TSUBMIT, TTEXT, TTEXTAREA, TSELECT, TEDIT, TIMAGE, TLIST,
TLINE, TIMAGC}ELEM;
typedef struct ELEMENT {
ELEM type; /* 元素类型 */
void * conptr; /* 指向具体的元素结构 */
... /* 元素的公共属性 */ ...
struct ELEMENT * next;
}ELEMENT;
```

例如, type 域为 TTEXT, 表示是文本元素,这时 void * conptr 指向相应的文本元素的数据结构,其中包含了该控件元素的特有属性,代码如下所示:

```
typedef struct Text {
int x; /* 起始 x 坐标 */
int y; /* 起始 y 坐标 */
... /* 字体的各种相关属性如斜体、字号、颜色等 */ ...
LINEBUF * line; /* 指针指向具体文本内容 */
}TEXT;
```

利用这种定义方法,当一个 HTML 文档中出现一个

新控件元素时,我们只需在其数据结构中定义其自身的特有属性,而不需考虑它和其它控件共有的属性。通过这种方法数据结构得到了统一,使 GUI 与浏览器之间的接口实现变得更加容易。

在解析部分生成具有统一结构的 Element 链之后,通过调用 GUI 接口函数 ShowElem(ELEMENT * elempt) 就可以将 Element 链中的控件元素正确地显示在屏幕上。接口函数 ShowElem 的相关代码如下所示:

```
ShowElem(ELEMENT * elempt)
{
ELEM type;
PreHandle(elempt); /* 对 Element 元素进行预处理 */
type = elempt->type;
switch(type){
case TTEXT:
ShowTex(elempt);
break;
case TLINE:
ShowLin(elempt);
break;
...
} /* end of switch */
} /* end of ShowElem */
```

在 ShowElem() 中先对 Element 元素进行预处理,转换成方便 GUI 显示的数据结构,然后根据不同的 Element 元素调用不同的显示函数进行显示。在这种接口定义基础之上,浏览器开发人员不必根据不同的控件元素去考虑调用不同的 GUI 函数,只需链入 Element 链后直接调用 ShowElem() 函数即可。通过这种方法,形成了一个统一的 GUI 显示接口,从而简化了程序员的工作量,同时也提高了系统的灵活性和可扩展性。

4 结论和展望

天财 Browser 1.0 作为一个面向实时嵌入式系统的应用系统,对其执行效率、可定制、可扩展等方面有非常高的要求。因此为了提高系统的灵活性和可扩展性,在一些关键 GUI 模块和 GUI 与应用程序的接口当中使用了面向对象的技术。实践表明,面向对象的技术也可以成功应用于嵌入式系统的设计和实现中。

开发中国自主知识产权的嵌入式处理器和嵌入式操作系统,对于我们国家的民族 IT 工业来讲,将有十分重要的战略意义。我们应该抓住机遇,组织力量,重点出击,取得主动权。而 Linux 在嵌入式领域的异军突起也显示了它作为开发嵌入式产品的操作系统所具备的巨大潜力。从目前国内 IT 市场来看,嵌入式系统及其产品在由家电产品和 Internet 衍生出来的新型市场中占有主导地位 and 独特份额。因此,嵌入式系统的市场争夺战,是未来后 PC 时代 IT 市场的关键之战。

(下转第 68 页)

以支持不常移动的主机甚至是固定主机。它规定了一个协议,用来选路常规 IP 数据报到可能的局域网中正移动的主机。它为频繁移动的主机提供了本地可移动性和越区切换支持,这意味着移动主机可移动到对活动的数据报有很小影响的蜂窝 IP 网络(这只是针对局域网和城域网)。对在不同蜂窝 IP 网络之间的移动性,它和移动 IP 一起工作。连接到一蜂窝 IP 网络的移动主机可以保留自己的 IP 地址,蜂窝 IP 可令它选路 IP 分组到这个 IP 地址,此 IP 地址可以在蜂窝 IP 网络中任何位置,并且不被设备的外地 IP 地址干扰。

蜂窝 IP 规定基站周期性地发送信标信号,移动主机使用这些信标信号来定位最近的基站,并在收到一个不同信标信号时检测越区切换。从移动主机发出的分组通常用跳接方式以最短路径从基站选路到网关。因此,即使目的主机在蜂窝 IP 网络内时,分组在选路到目的主机前也先选路到网关。从接入基站的移动节点发出的数据在到达网关的过程中可能经过几个路由器。来自路由器的每个分组通过映射发送节点的 IP 地址到接收分组的接口来更新路由缓存。如果移动节点没有任何数据发送,它就周期性地发送控制分组到服务器来更新路由缓存。当离开旧微网小区的范围时,连接到下一个新基站,并通过此新基站不断发送它的信息。通过此新基站到服务器的这些分组更新路由缓存到指向移动节点的新路由,如果在越区切换时,移动节点没有任何数据要发送,路由缓存就由该移动节点发送的下一控制分组更新。在旧路由经过一段时间没有使用而超时的时间段内,将有两条路由可用。这时在网关或代理上的所有节点都不会注意到此越区切换。

4.2 Mobile IP 与蜂窝 IP 的结合

在蜂窝移动 IP 网络中,当移动节点在接收从通信对端发出的数据分组时,移动节点已从家乡网络移动到了外地网络中,切换将由移动 IP 的切换机制完成。如果是在蜂窝系统中频繁移动,将利用蜂窝 IP 的越区切换机制,移动节点接收从通信对端发来的分组数据包时,由移

动节点周期性的发送控制分组来更新路由缓存。分组数据包到达路由器时,此时节点没有在移动,就按路由缓存中的新的路由来转发数据,移动节点发送分组数据包给通信对端时,路由器根据接收到的数据包中通过映射发送节点的 IP 地址到接收分组的接口来更新路由缓存。

5 结束语

有线网与无线网有机结合的蜂窝移动 IP 网络使移动 IP 网络得到了扩展,给基于 IP 协议的分组数据业务提供了广阔的空间,但对此种网络移动透明性的支持提出了挑战。对随之而来的路由优化和越区切换等一系列问题的有效解决将直接影响网络的 QoS。本文在蜂窝移动 IP 网络的构架上进行移动性检测,并针对越区切换问题提出的两种解决方案进行了分析。目前基于各种应用平台的移动 IP 网络快速发展,与之相适应的越区切换问题的解决方案也层出不穷,如无线 ATM 网络中的虚连接树切换技术。随着对越区切换问题的进一步研究,移动 IP 网络将会提供给我们满意的 QoS。

参考文献:

- [1] James D Solomon. Mobile IP: The Internet Unplugged[M]. 裘晓峰. 北京:机械工业出版社, 2000. 44-46.
- [2] C E Perkins. IP Mobility Support[S]. IETF RFC 2002, October 1996.
- [3] C Y Chen. Mobility with the Internet and IP Networks[M]. MSc Project Dissertation, August 1999.
- [4] Thomas F La Porta, Luca Salgarelli, Gerard T Foster. Mobile IP and Wide Area Wireless Data[J]. IEEE, 1998.

作者简介:

周佩聆(1977-),女,湖南长沙人,硕士研究生,研究方向为计算机网络与移动计算;张连生(1979-),男,江苏姜堰人,硕士研究生,研究方向为计算机网络与移动计算;杨庚(1961-),男,江苏建湖人,副教授,IEEE CS, SIAM 会员,1985年在湖南大学获计算数学硕士学位,1994年在加拿大拉瓦尔大学获博士学位,1996年在加拿大蒙特利尔大学计算技术及应用研究中心博士后出站,主要研究方向为计算机网络与移动计算、并行与分布计算。

(上接第 50 页)

参考文献:

- [1] 魏永明. 实时嵌入式 Linux 系统上 GUI 的发展与展望[J]. 微电脑世界, 2000(49):11.
- [2] MiniGUI 及相关文档[EB/OL]. <http://www.minigui.org/2001-04-30>.
- [3] Microwindows[EB/OL]. <http://microwindows.censoft.com/2001-05-20>.
- [4] GNU[EB/OL]. <http://www.gnu.org/2001-04-15>.
- [5] Linux 系统各种文档[EB/OL]. <http://www.linuxdoc.org/2001-04-15>.
- [6] 天财 GUI 开发文档和浏览器开发文档[EB/OL]. 2001-10-01.
- [7] Michael Barr. C/C++ 嵌入式系统编程[M]. 于志宏. 北京:中国电力出版社, 2001.
- [8] Rick Grehan, 等. 32 位嵌入式系统编程[M]. 北京:中国电力出版社, 2001.
- [9] Jean J Labrosse. μ C/OS-II——源代码公开的实时嵌入式操作

系统[M]. 北京:中国电力出版社, 2001.

- [10] 技术资料[EB/OL]. <http://www.hhcn.org/2001-04-30>.

作者简介:

袁明(1977-),女,硕士研究生,主要研究方向为计算机网络性能评价;张连芳(1946-),男,副教授,主要研究方向为计算机网络性能评价;董淼(1977-),男,硕士研究生,主要研究方向为计算机网络性能评价;赵宇(1975-),男,工程师,项目经理;郑武(1976-),男,工程师。