

QNX 操作系统及网络设备驱动模块

■ 华中科技大学 胡海 黄本雄

摘要

介绍嵌入式操作系统 QNX 的微内核结构、基于 io-net 的网络子系统、网络设备驱动程序的组成；给出以以太网设备驱动程序为例的详细说明，包括初始化、从网络设备接收数据、向网络设备发送数据和网络设备信息的统计。

关键词 QNX 网络 驱动程序

QNX 是业界公认的 X86 平台上最好的嵌入式实时操作系统之一。它具有独一无二的微内核实时平台，建立在微内核和完全地址空间保护基础之上，实时、稳定、可靠，已经完成到 PowerPC、MIPS、ARM 等内核的移植，成为在国内广泛应用的嵌入式实时操作系统。本文简单介绍 QNX 内核和网络结构的特点，针对目前热门的网络应用环境，讨论 QNX 网络设备驱动程序的结构和编写。

1 QNX 内核简介

QNX 的微内核结构是它区别于其它操作系统的显著特点。目前嵌入式系统中，操作系统和应用程序之间的关系大概可以归纳为图 1~ 图 3 所示的三种

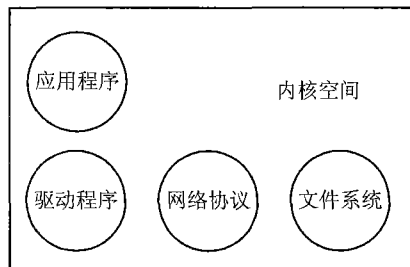


图 1

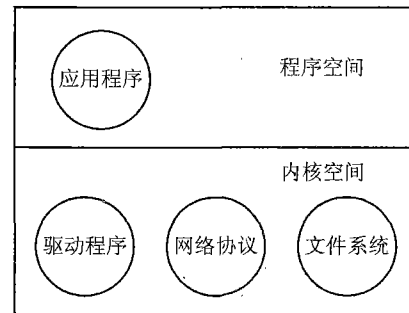


图 2

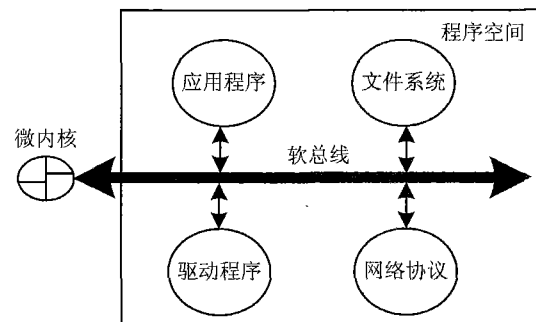


图 3

动态编码预处理的 C 语言源程序（在 BC++3.1 下调试通过）见本刊网站补充版（<http://www.dpj.com.cn>）。

参考文献

- 1 徐卓农. 单片机系统中的汉字显示. 单片机与嵌入式系统应用, 2001 (7)
- 2 王小平. 单片机应用中快速建立小字库的方法. 单片机与嵌入式系统应用, 2001 (8)
- 3 束学斌, 赵海峰. 一种通用高效的小汉字库. 微型机与应用, 1997 (3)

4 陈士龙. 程序设计方法教程. 北京: 电子工业出版社, 2000

5 何立民. 广义平台与平台模式. 单片机与嵌入式系统应用, 2001 (1)

6 任克新, 陈光. 线体矢量汉字库的结构设计及其使用. 微型机与应用, 1996 (8)

7 马忠梅. 单片机的 C 语言应用程序设计. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999

8 孙涵芳. 单片机原理及应用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1988

(收稿日期: 2002-08-18)

情况。

平板式内存结构，如图 1 所示，所有的程序都使用同一个地址空间，不加保护；应用程序可以自由访问所有空间，效率较高，但是任何应用程序指针错误都可能会导致内核崩溃。

大内核内存结构，如图 2 所示，操作系统内核和各种驱动程序、网络协议在同一个地址空间，应用程序在单独空间；内核模块同处于一个保护空间，运行效率高，应用程序无法直接访问保护空间，系统稳定性大大提高。缺点是，由于内核模块（例如网络驱动）处于保护空间，因此调试困难，任何驱动程序的修改都要重新编译内核，无法做到驱动程序的动态加载和卸载。

QNX 的微内核结构，如图 3 所示，内核独自处于一个被保护的地址空间；驱动程序、网络协议和应用程序处于程序空间中。

微内核结构的优点：① 驱动程序、网络协议、文件系统等操作系统模块和内核相互独立，任何模块的故障都不会导致内核的崩溃；② 驱动程序、网络协议、文件系统和应用程序都处于程序空间，都调用相同的内核 API，开发与调试和应用程序没有区别；③ 操作系统功能模块可以根据需要动态地加载或卸载，不需要编译内核。在高可靠性要求的情况下，可以编写监视模块，对可靠性要求高的模块进行监视，必要的时候重新启动或重新加载而无须重启系统。高可靠性的内核结构使 QNX 具备了高可靠性嵌入式操作系统的本质特征。

在具有高可靠性内核的基础上，QNX 的创新设计使它同样具有很高的效率。QNX 最为引人注目的地方是，它是 UNIX 的同胞异构体，保持了和 UNIX 的高度相似性，绝大多数 UNIX 或 LINUX 应用程序可以在 QNX 下直接编译生成。这意味着为数众多的稳定成熟的 UNIX、LINUX 应用可以直接移植到 QNX 这个更加稳定高效的实时嵌入式平台上来。

2 QNX 网络结构

QNX 网络子系统由三个部分组成：网络管理模块（io-net）、网络协议模块（npm-qnet.so、npm-tcpip.so）、网络设备驱动模块（devn-ne2000.so）。

模块之间的层次关系如图 4 所示。

图 4 中的每个模块各自具有不同的功能，但是它们具有一些相同的属性。如：网络设备驱动、TCP/IP 协议栈分别对上层 io-net 模块和应用程序产生数据，两者都可以被看作数据源；同时它们也接

受上层发来的数据，又可以同时被看作数据的消费者。过滤模块对向上的数据进行筛选，分协议进行处理；对向下的数据则进行相应的转换，如进行网络地址转换 NAT。转换模块负责不同协议帧结构的转换，在以太网的工作环境下，它就负责对 IP 数据报进行以太网帧的封装和解包。

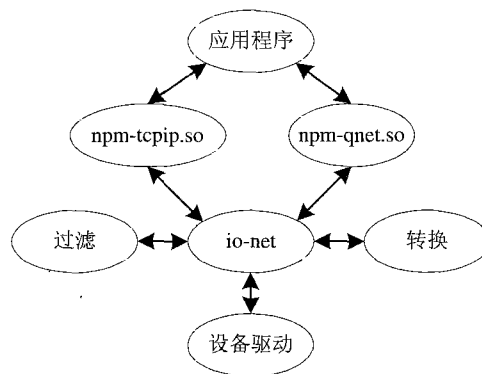


图 4

和 QNX 其它服务进程一样，QNX 的网络子系统也在内核外部空间运行。应用程序面对的是一个统一的网络接口，硬件相关的内容被完全包装在网络子系统内。

QNX 网络子系统的三个子模块按层次分开，io-net 模块处于中心，是 QNX 网络的核心和重点，其它模块都挂接在它上面。数据和信息的流动都必须经由 io-net 调度与转发，所有其它模块所面对的是一个单一主体。这样的中心交换结构，屏蔽了各个模块间相互协调的复杂细节，在很大程度上方便了模块的编写工作；同时，io-net 还是 QNX 的网络管理中心。任何网络协议和网络设备驱动程序都必须向 io-net 注册，由它来加载，并接受 io-net 的配置和管理，用户对网络状态的查询和管理也是通过 io-net 来实现的。

3 QNX 网络设备驱动

QNX 网络设备驱动模块处于网络硬件和 io-net 模块之间。驱动模块负责配置硬件使其正常工作，向 io-net 报告数据收发情况，接收和传递数据，接受 io-net 的调度和管理。QNX 网络设备驱动程序依照以上功能，分为初始化、接收发送数据、网络设备信息统计几个功能块。要使网络设备工作正常，驱动程序就要对它进行一定的寄存器配置，同时，还要向 QNX 网络子系统注册自己，表明网络设备的存在和网络通信能力，才能为系统和应用程序所



用。在初始化工作完成以后，网络设备就进入了工作状态，收发数据。设备信息的统计也是由设备驱动程序来完成的。

(1) 初始化

初始化包括两个方面，一方面是初始化网络设备，使其正常工作；另一个方面，是向 io-net 正确注册驱动模块，表明自己的属性，方便上层正确操作。网络设备的初始化工作和硬件紧密相关，这里就不一一描述。

驱动模块向 io-net 加载自己的时候，系统遵循如下工作流程：

① io-net 搜索全局的符号 io_net_dll_entry。它定义了驱动的初始化函数，io-net 会直接调用这个函数。

② 初始化函数向 io-net 注册驱动和相应的函数。

③ 初始化函数告诉 io-net 和它的模块自己的通信能力。

经过以上流程以后，io-net 中就建立起有关此驱动程序的数据和函数调用列表。驱动程序必须正确编写初始化函数，并将该函数正确链接至 io_net_dll_entry。

(2) 从网络设备接收数据

当有包到达网络设备的时候，网络设备就会用某种方式通知驱动程序（例如中断），此时，驱动程序就要采取某种策略来处理到来的帧或数据。通常驱动程序这时候需要做以下工作：

① 通过 DMA 将包取回来；

② 做相应的必要处理，如通知网络设备释放当前帧的缓存，配置寄存器让网络设备等待下一帧到来等；

③ 通过调用 io-net 的 tx_up_start() 函数把包传递给上层模块。

当上层所有的模块都完成对这个包的处理以后，io-net 调用我们驱动中的 tx_done() 函数，它来做最后的处理工作。

tx_up_start() 函数是设备驱动中比较关键的函数，下面简要介绍一下这个函数的入口参数。

```
npkt_t *(tx_up_start)(int registrant_hdl,
                    npkt_t *npkt,
                    int off,
                    int framelen_sub,
                    uint16_t cell,
                    uint16_t endpoint,
                    uint16_t iface,
```

```
void *done_hdl)
```

其中：int registrant_hdl —— 本驱动在 io-net 中的句柄，注册时由 io-net 生成；

npkt_t *npkt —— 需要处理的包的指针；

int off —— 底层协议包头长度，如以太网帧头部长度；

int framelen_sub —— 尾部填充的长度，对于以太网这个值为零；

uint16_t cell、uint16_t endpoint —— endpoint 和 cell 是 io-net 在注册的时候分配的用来区别不同的驱动；

uint16_t iface —— 接口号，可以让同一个驱动负责多个相同硬件；

void *done_hdl —— 该指针指向 tx_done() 函数需要的额外数据。

(3) 向网络设备发送数据

当上层模块需要硬件传送包的时候，会调用 io-net 管理器的 rx_down() 函数。

```
int (*rx_down)(npkt_t *npkt,
               void *func_hdl)
```

rx_down 函数入口参数中，npkt 是指向需要传送的数据的结构指针，func_hdl 是相应驱动模块在 io-net 中的句柄。其中 npt 结构包含许多成员，其中的重要成员如表 1 所列。

表 1

cell、endpoint、iface	需要处理该包的硬件标识
buffers	指向包的指针
tot_iov	包含数据包的所有 I/O 矢量
Framelen	所有数据的长度，以字节为单位

驱动模块在接收到 io-net 的调用后，就要配置网络设备，让它完成数据的发送工作。网络设备发送数据所需要的信息都会在相应的数据结构中，如 net_buf_t 结构中保存了等待传送的数据包的链接列表，配置 DMA 所需的物理地址在 net_iov_t 中等。驱动模块要等待硬件完成这些包的传送，并调用 io-net 的 tx_done() 函数通知上层模块驱动程序已经完成了数据的发送。

4 网络设备信息的统计

应用程序或者用户可以通过网络信息接口 nicinfo 工具来了解网络工作状态。信息的查询都是通过 io-net 来进行的。驱动程序必须要维护相应的状态数据，方便 io-net 的查询。网络设备有一些共



同的状态属性，如收到和发出的包的个数、发送错误的包的个数等，不同的网络设备还会具有不同的属性和状态，这些都可以在驱动程序中用数据结构详细列明。

需要维护的数据结构中，主要的是 `Nic_t`，它包括四个子结构：

- `CustNicStats_t` —— 网络信息入口；
- `EthernetStats_t` —— 以太网状态；
- `GenStats_t` —— 常用统计信息；
- `NetStats_t` —— 网络信息（包含常用统计信息）。

以上是驱动程序需要维护的数据。当用户或应用程序要查询这些信息的时候，它们就通过 `Nicinfo` 工具对 `/dev/io-net/en0` 调用 `devctl()` 函数来取得网络信息。信息的取得是必须通过 `io-net` 来完成的，`io-net` 对信息的查询则是通过调用 `io_net_register_funs_t` 结构中所指向的函数来取得信息的。例：

```
#include <sys/nic.h>
int generic_eth_devctl( void *hdl, int dcmd, void *data, size_t
size, int *ret )
{
```

```
    Nic_t      *nic = (Nic_t *)hdl;
    int        status;
    status = EOK;
    switch( dcmd ) {
        case DCMD_IO_NET_NICINFO:
            memcpy( data, nic, min( size, sizeof( Nic_t ) ) );
            break;
        default:
            status = ENOTSUP;
            break;
    }
    return( status );
}
```

结 语

网络设备的驱动是网络系统的最低层和最基础的模块，是如今嵌入式开发中首先要解决的问题之一。由于 QNX 具有微内核的特点，其网络设备驱动程序的开发不需要内核调试，更适合初学者掌握。本文对 QNX 操作系统及网络设备驱动程序的介绍，可以帮助读者对相关内容作初步了解。

(收稿日期：2002-08-12)

东方集成公司全力服务用户

北京东方中科集成科技有限公司，在2002年年末推出了他们的《用户服务手册》。这一举措与东方集成公司“科技无限，服务创新”的经营理念相吻合，同时也推动了东方集成从销售商向服务商转型的事态。此手册的印制是为了便于用户更好地使用东方集成的各种产品，同时也为了使用户更清楚地了解东方集成所提供的各项售前、售中及售后服务。

手册有关于东方集成公司的介绍，有公司的合作伙伴及代理级别，有公司经营的产品及东方电子集成商务网的介绍，而更重要的还有东方集成所能为其用户提供的各项服务。假设您是一个东方集成的用户，在您购买产品之前，您可以享受到专业的售前支持。公司为您提供各种展会信息、新产品的介绍、测试方案设计，上门演示与免费试用等。依托东方电子集成商务网 (www.jicheng.net.cn)，您可以查询到大量的信息资料，还可以查到一些不常见的仪器仪表信息。灵活的结算方式保证了您售中环节的畅通。针对许多企业经常采取境外采购的情况，东方集成特别提供此项服务。即：用户可以通过东方集成在香港的分公司签订外贸合同，直接从境外采购，而在境内享受由东方公司提供的全部标准售后服务，从而为用户解决了所面临的维修、培训等一系列问题。至于售后服务，东方集成公司除了提供产品维修，免费技术和产品培训等，还增设了很多新的项目。凭借东方集成与中国计量院的良好合作关系，可以为用户提供计量检定服务，以最优惠的价格和最快的速度替您送/取待检仪器，排除了您的后顾之忧。加上800免费服务热线和行业动态速递，使售后服务更加完善。