

# VxWorks 环境下的双网卡智能冗余设计

刘锡祥, 徐晓苏

(东南大学仪器科学与工程学院, 南京 210096)

**摘要:** 分析双网卡冗余的功能需求, 设计基于 VxWorks 环境的双网卡智能冗余方案。通过对网卡连接状态、通信可靠性以及稳定性监控分析, 决定是否进行网卡的主动切换。针对基于 UDP 无连接通信的特点, 指出在双网卡冗余设计中, 应根据目标网络通信节点变化情况, 决定是否进行网卡的随动切换, 以增强通信的可靠性。测试结果表明了该方案的可靠性与正确性, 其切换时间可提高至 ms 级。

**关键词:** VxWorks 操作系统; 双网卡冗余; UDP 协议

## Design of Intelligent Dual-Redundance NIC in VxWorks

LIU Xi-xiang, XU Xiao-su

(School of Instrument Science & Engineering, Southeast University, Nanjing 210096)

**【Abstract】** The function requirement of double redundant Network Interface Card(NIC) is analyzed and an intelligent dual-redundance NIC is designed. Whether the NIC should be active shift is decided by the link state of NIC and the reliability and stability of network. And based on the characteristics of UDP protocol and in order to improve the stability of communication, the NIC should be passive shift according to the changes of target communication node. Test result shows that the method is reliable and the shift time is shortened to millisecond grade.

**【Key words】** VxWorks; Dual-Redundance NIC; UDP protocol

### 1 概述

双网卡冗余设计作为一种提高网络通信稳定性和可靠性的有效方法, 已经获得了广泛的应用。它可以保证系统在局部网络发生故障后, 不至于引发全系统的崩溃。双网卡冗余设计是在网络通信的每个节点上采用 2 个网络接口, 中间通过 2 个接线器或路由器相连。当网卡或通信线路连接出现故障、通信异常以及通信不可靠时, 通信节点能主动切换到备份网卡进行通信; 当相互通信的另一双网卡冗余节点发生主动切换时, 通信节点能随动切换到备份网卡进行通信。

VxWorks 操作系统作被广泛应用于航空、航天等重要领域。它支持多网卡数据通信, 但非冗余设计, 每块网卡都有各自独立的 MAC 地址和 IP 地址, 且 IP 地址不能在同一 IP 子网段<sup>[1-3]</sup>。要实现双网卡冗余, 必须重新设计网卡驱动, 对网卡的物理地址和 IP 地址作出处理, 使其对外部呈现为单 MAC 和 IP。

本文利用 SBS 的 DETH/NE2000 兼容型双网卡模块, 实现了网卡智能冗余设计。

### 2 双网卡冗余的功能要求

双网卡冗余备份示意图如图 1 所示, 双网卡冗余设计在网络通信的每个节点上采用 2 个网络接口, 中间通过 2 个接线器或路由器相连。节点 A 的 2 块网卡 A1, A2 对外呈现为单一 MAC 和 IP, 互为备份。在网络工作过程中, 一块网卡处于激活即工作状态, 另一块处于休眠即备份状态, 图 1 中假设 A1-B1 处于工作状态, 则 A2-B2 处于休眠状态。

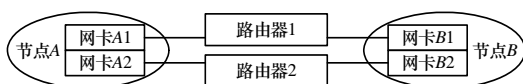


图 1 双网卡冗余备份示意图

根据网络通信可靠性、稳定性的要求, 双网卡冗余应能

根据网络通信自身以及外部的变化进行主/随动切换。根据网络通信的实时性要求, 网卡之间的切换时间应尽可能短。

#### 2.1 主动切换

网卡双冗余的一个重要功能是在网卡通信发生故障、外部连接不可靠时, 主动切换到备份网络进行通信。在通信过程中, 双网卡冗余设计应能实时准确地监控网卡的故障与网络连接情况, 能对 CRC 错误、丢帧、错帧或帧碰撞等信息进行统计, 并根据监测与统计结果决定是否进行网卡主动切换。

#### 2.2 随动切换

在网络通信中, UDP 协议因其快速性而受到的关注, 被广泛应用于高速网络通信中。但 UDP 通信是一种不建立握手连接的通信方式, 此时为了提高通信的可靠性, 双冗余备份应能根据目标通信节点的网卡切换情况, 随动进行网卡的切换。图 1 中假设节点 A 中网卡 A1 通过路由器 1 向节点 B 中的 B1 网卡发送数据, 此时网卡 A1 处于激活状态, A2 处于备份状态。基于 UDP 协议的通信方式不建立握手连接, A1 向 B1 发送数据并不能保证数据到达 B1 的可靠性与正确性, 也不能判断 B1 有无故障。若此时 A2 收到 B2 发送的数据, 则节点 A 可以判断 A2-B2 的连接无故障, 节点 A 应进行随动切换, 激活 A2、休眠 A1, 建立 A2 与 B2 的连接。

#### 2.3 切换的实时性

从理论上讲, 冗余可以在 OSI 中任何一层实现, 但冗余越接近底层, 检测和切换的速度越快、效果越好。在应用层实现冗余, 一般是在程序中发起一个监控任务, 不停地查询网卡的工作状态。当网卡出现异常时, 删除当前网卡的所有

**基金项目:** 国家部委基金资助项目

**作者简介:** 刘锡祥(1976-), 男, 讲师、博士, 主研方向: 计算机辅助工程; 徐晓苏, 教授、博士

**收稿日期:** 2008-10-25 **E-mail:** scluseu@163.com

相关设置,添加备份网卡。文献[4]等的研究成果表明,在应用层实现冗余,切换时间长,不能保证网络的可靠性与实时性。因此,最佳的冗余在驱动层实现。

### 3 VxWorks智能冗余驱动的实现

#### 3.1 MUX结构与冗余

(1)MUX结构与网络驱动

VxWorks的网络协议栈与网络设备驱动的接口有2种:

- (1)标准的BSD4.4驱动,它将驱动和协议紧密关联在一起;
- (2)VxWorks特有的,它将驱动和协议栈分开,中间通过MUX相连。相比于前者,后者使得网络服务免受特定的网络接口驱动程序影响,使得驱动独立于具体协议。协议、MUX、驱动之间的关系如图2所示。

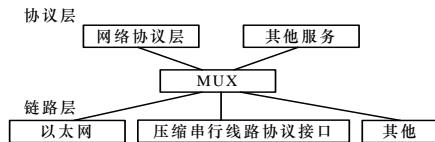


图2 协议、MUX、驱动之间的关系

应用程序在初始化网卡时,通过MUX提供的接口函数加载网络驱动。成功初始化后向上层返回网卡结构指针,该结构中包含1个指向网卡的句柄END\_OBJ<sup>[1-2]</sup>。在VxWorks中,相同的网卡使用相同的驱动程序,网卡之间通过上述句柄进行区别。在正常情况下,协议驱动程序通过MUX层提供的NIC的句柄来提交请求,然后MUX层调用网卡驱动程序中的接口函数,实现高层协议驱动程序请求,见图3。

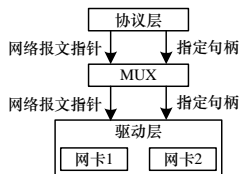


图3 非冗余网卡通信流程

(2)冗余的实现原理

本文设计的双网卡冗余方案,在驱动程序加载时,定义2个指向网卡数据结构的全局指针。在MUX调用网卡驱动时,不使用上层传递的网卡句柄,而是根据网卡当前的工作状态,指定调整参与通信的网卡,如图4所示。

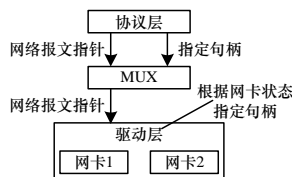


图4 冗余网卡通信流程

#### 3.2 智能冗余驱动的实现

(1)单MAC地址的实现

VxWorks在初始化网络结构时,读取存放在EPROM中的网卡物理地址并写入固定的数据结构中。要实现双网卡共MAC地址,可以在上述数据结构中直接指定2块网卡的物理地址,也可在网卡芯片中直接写入相同的物理地址。

(2)单IP地址的实现

实现双网卡冗余的单IP地址,可以在初始化网卡时直接赋予2块网卡同一IP地址。此时因网卡一块处于激活状态,另一块处于休眠状态,所以不会发生地址IP冲突。

(3)数据发送与接收处理

双网卡冗余应对网卡自身状态以及网络通信可靠性、

稳定性进行监控并根据结果决定是否进行网卡主动切换;应能对目标通信节点的切换作出反映,并决定是否进行网卡随动切换。数据发送及网卡主动切换流程如图5所示。数据接收及网卡随动切换流程如图6所示。

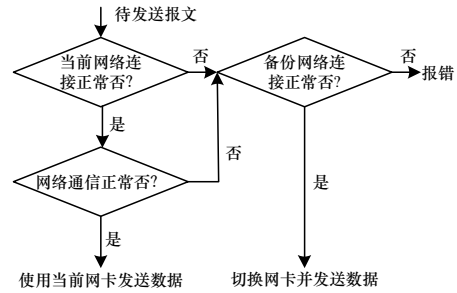


图5 数据发送与网卡主动切换流程

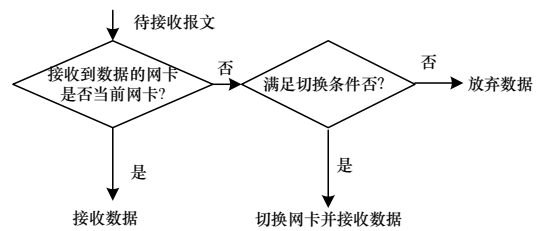


图6 数据接收与网卡随动切换流程

### 4 性能测试

测试采用UDP通信协议,按图1构造2个网络节点。在初始化时随机指定任一网卡作为当前工作网卡。节点间以100帧/s的速率相互通信2h,通过网络嗅探器的对通信数据统计分析,2块网卡均能正常工作,无错帧和丢帧。通过人为插拔网线模拟网卡连线故障,实现主动切换。通过人为对网络双绞线的破坏,制造网络通信的不可靠,可以实现对网络错帧、丢帧的统计并根据统计结果实现主动切换。在通信的某一节点主动切换网卡后,通信的另一节点可以实现网卡的随动切换。

在VxWorks通过对CPU滴答计数的计算以及网络嗅探器对网络数据的监控分析,可计算出网络切换时间小于5ms(CPU主频为133MHz),远低于在应用层实现双冗余的切换时间<sup>[4]</sup>。

### 5 结束语

双冗余设计是一种提高网络通信可靠性、稳定性的重要手段。在VxWorks环境下利用其网络MUX的特殊结构与通信过程中对网卡句柄依赖的特点,通过随机设定初始工作网卡,并根据网络通信节点内外部的变化情况进行网卡的切换,无须网络应用层中指定通信的网卡句柄,可以达到双冗余备份设计的目的。

#### 参考文献

- [1] 陈智育,温彦军,陈琪. VxWork 程序开发实践[M]. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [2] River W. VxWorks NetWorks Programmer's Guide[Z]. (2002-01-01). <http://www.windriver.com>.
- [3] River W. VxWorks BSP 开发人员指南[M]. 王金刚,苏琪,译. 北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 田炜,刘利强,袁赣南. VxWorks 环境下双网卡冗余备份技术的实现[J]. 自动化技术与应用,2003,22(7): 32-34.

编辑 顾姣健