

嵌入式 TCP 协议在 DSP 中的实现研究

郭戎潇, 曹国雄, 王洪强

(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:探讨了 TCP 协议主要的工作流程,提出了在嵌入式系统中实现 TCP 相应的简化方案,并在一种基于 DSP 和网卡芯片的应用系统中成功实现该方案。运用该方案实现嵌入式 TCP 协议具有高可靠、低成本等优点。

关键词:嵌入式系统;DSP;TCP/IP 栈;嵌入式 TCP

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2005)06-0049-03

传统的 Internet 应用以 PC 为中心,未来的 Internet 应用将转向以嵌入式设备为中心。嵌入式设备接入 Internet 的技术核心就是在嵌入式系统中部分或完整地实现 TCP/IP 协议栈^[1-2]。在整个 TCP/IP 协议栈中, TCP(传输控制协议)是其核心协议,它提供了一种面向连接的可靠传输方式。由于 TCP 机制比较复杂,考虑到嵌入式设备有限的硬件资源(比如内存和速度),因此有必要将其简化。本文以对 TCP 协议的精简为出发点,在基于 DSP(数字信号处理器)和 NIC(网络接口控制器)的嵌入式局域网中对嵌入式 TCP 协议进行分析和研究。

1 嵌入式 TCP 协议的简化

TCP 是一个很复杂的协议,它提供了一个完全可靠、面向连接、全双工的传输服务,目的在于增强网络的 QoS(服务质量)。协议的复杂性对于系统的硬件资源要求甚高,因此在具体应用系统中实现协议时,必须根据系统资源和所需要实现的功能对普通 TCP 协议进行精简,选择相应的策略实现^[3-4]。

TCP 协议数据传输可分为 3 个阶段:建立连接、传输数据和断开连接。它的实现过程可以用状态机^[5]来描述。建立连接有两种方法,即主动打开和被动打开。服务器端是一种被动打开,它一直在侦听连接请求;而客户端是一种主动打开,它发送连接请求以建立连接。研究发现,如果 TCP 层的上层实现服务器端的应用,可以将标准 TCP 状态机建立连接过程中客户端建立连接的状态机部分简化掉。同理,如果应用是基于客户端的,可以将服务器端建立连接的状态机部分简化掉。断开连接有两种方式:一是主动断开连接;另一是被动断开连接。被动断开连接的处理较为简单,但标准 TCP 协议的主动断开连接的状态机部分过于复杂。经过实验发现,在需要主动断开连接的时候,发送一个 FIN(结束控制)帧;接收到对 FIN 的确认后,再发送一个 RST(重启控制)帧,即可顺利完成一次主动断开连接。TCP 简化后的状态机如图 1 所示。

标准的 TCP 协议使用慢启动的滑动窗口机制^[6]。滑动窗口是一种在流量控制和网络传输效率之间折衷的方案,它允许发送方在等待一个确认之前发送多个窗口。对于使用了滑动窗口的 TCP 连接,其确认是一种批量的确认,处理器工作量较大。而通过研究滑动窗口协议发现,滑动窗口的一个极限情况,是只使用单个窗口,就变成了一种简单确认的处理方法。使用该方法后,所有的处理只是对单个数据报的发送和确认,节约了系统的资源,也使维护更加方便。图 2 中表示了一般窗口确认和简单确认的对比。

在上述基础上,简化实现 TCP 协议的流程图如图 3 所示。其中“不同状态的相应处理”指根据接收到的 TCP 报文准备待发送数据报并将其发送到以太网上。这部分根据 TCP 所处的不同状态,所做的处理是不一

收稿日期:2005-04-13

作者简介:郭戎潇(1981-),女,甘肃兰州人,硕士生,主要从事通信电路与智能信息处理研究。

样的。

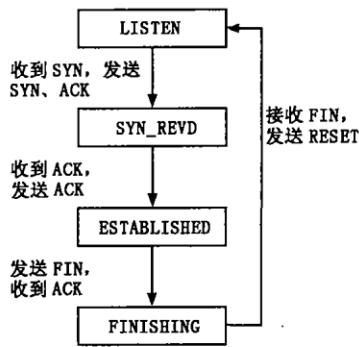


图1 简化的 TCP 状态机流程图

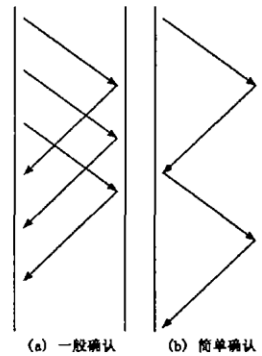


图2 一般窗口确认与简单确认对比图

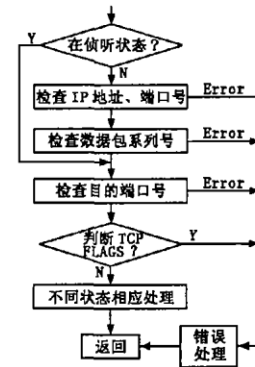


图3 简化的 TCP/IP 协议流程图

2 嵌入式 TCP 的实现

如果基于网络操作系统,用户可以利用一些软件对网络操作系统的支持,很容易地编写出优秀的网络通信程序,但这些程序必须依附于网络操作系统。而在 DSP 环境下,必须深入了解 NIC(网络接口控制器)的工作原理,通过对网卡直接编程,实现局域网内任意站点之间的通信而完全抛开网络操作系统。

本方案中嵌入式 TCP 协议的实现在一个基于 DSP 和 NIC 的应用系统中完成,主要芯片是 TI 公司开发的 TMS320C5402 芯片与 Realtek 公司的 RTL8019AS 以太网控制芯片。协议的实现主要分为两部分:以太网模块、协议模块,全部程序用 C 语言编写(便于与其它微控制器系统接口的扩展),并通过 CCS2(Code Composer Studio Version 2.0)编译。

2.1 以太网模块

以太网部分程序的主要作用是对以太网控制器进行驱动、以函数的形式给其它模块提供读写寄存器的接口、产生读写的时钟等。以太网程序包含了网络接口的各种配置,其中,最重要的是 MAC(介质访问控制)地址的配置。MAC 地址共 48 位,在程序中用 6 个无符号整型变量存储 MAC 地址值,每个 MAC 地址值必须为唯一的,并且不能是 0xFFFFFFFF。

以太网控制器的配置过程如下:在系统上电后,首先初始化 DSP 串口 McBsp0,然后调用函数 init_8019()进行以太网控制器的初始化配置,然后复位,DSP 把本机的 MAC 地址以配置序列字的形式发给,把 MAC 地址存储在寄存器中。配置完成后,就可以读写数据了。

2.2 协议模块

TCP 协议是整个 TCP/IP 协议栈中最复杂、也是最难实现的一块,主要由 Tcpin()、Tcput()、Tcptimer()和 TCpstate()4 个函数实现,并根据具体应用的需要进行简化。TCP 的控制块 TCB 用结构体来实现,每一个 TCB 包含一条 TCP 连接的所有控制和状态信息,全部的 TCB 形成了一个双向链表,有利于在所有 TCP 连接中进行搜索。Tcptimer()负责管理 TCP 协议中的各种状态信息,它内含前向后向指针,使之形成定时器超时。Tcstate()是 TCP 的状态机函数,根据 TCP 连接所处的不同状态以及发生的事件来决定 TCP 连接的状态变迁;Tcput()负责 TCP 报文的发送,典型的发送过程是当接收到上层应用程序的数据时,首先发送 SYN(同步控制)帧,与目标节点 3 次握手建立连接,之后加上 TCP 首部,交给下层 IP 模块发送,并通过重传定时器实现超时重发、持续定时器发送窗口探测帧等功能,待所有数据发送完毕并得到确认后发送 FIN(结束控制)帧,通过 4 次握手关闭连接。Tcput()还可在不同状态和事件下被其它程序调用发送 ACK(确认控制)帧、RST(重启控制)帧及其它 TCP 报文;Tcpin()负责接收从下层 IP 模块接收到的 TCP 数据包,并根据 TCP 连接的状态信息以及 TCP 首部的各个标志位进行分支处理,将数据交给对应端口的上层应用程序,并调用其它函数实现对 TCP 包的响应和状态变迁。在 PC 机上往往可以同时维护多条 TCP 连接;但在 DSP 中,由于 DSP 速度和 RAM 容量的限制,只支持一条 TCP 连接;这样大大简化了程序的复杂度,同时也满足了实际需要,如果今后有需要,还可以进行扩展。

3 结语

随着网络技术的发展,需要进行网络连接和通信的微型嵌入式因特网终端越来越多。在嵌入式设备接入 Internet 的方案中实现 TCP 协议,关键在于分析系统的需求,根据上层需要的不同服务简化 TCP 状态机,并简化相应处理机制。本文实现的“嵌入式 TCP 协议”虽然功能上比标准 TCP 协议有所弱化,但保留了 TCP 几乎所有优点。通过划分模块构造网络任务,整个软件代码量小、结构清晰、易于移植和扩充。

参考文献:

- [1] Robert e f. Embedded Internet Systems Come Home [J]. IEEE Internet Computing, 2001, 5(1):52-53.
- [2] Ruhuarvi J, Mahonen P, Saaranen M J. Providing Network Connectivity for Small appliances a Functionally Minimized Embedded Web Server [J]. IEEE Communication Magazine, 2001, 39(10):74-79.
- [3] 刘 鹏,张 翔,戴国骏.基于 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的嵌入式 $\mu\text{C}/\text{IP}$ 协议研究[J]. 杭州电子工业学院学报,2004,24(1):60-63.
- [4] 李 明,康静秋,贾志平.嵌入式 TCP/IP 协议栈的研究与开发[J]. 计算机工程与应用,2002,(6):118-121.
- [5] 史治国,王 勇,王 涛.嵌入式 Internet 中 TCP 协议的实现[J]. 计算机工程与应用,2003,(6):148-150.
- [6] 吕 娜,徐浩翔,丁在田. VC++ 环境下使用 MFC 类库的网络程序设计[J]. 空军工程大学学报(自然科学版),2001,2(5):18-20.

(编辑:门向生)

Research for Implementation of Embedded TCP on DSP

GUO Rong-xiao, CAO Guo-xiong, WANG Hong-qiang

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: TCP's main processes are discussed in this article. Then, the relevant schemes of implementing simplified TCP in embedded system are presented. This kind of scheme is implemented successfully in the system based on DSP and NIC. Using this kind of frame to implement embedded TCP has the advantage of high reliability and low cost.

Key words: embedded system; DSP; TCP / IP stack; embedded TCP

(上接第 48 页)

Analysis of Optical Burst Switched Node with Deflection Routing for Performance

NING Xing-qiang^{1,2}, LI Wei-min¹, WANG Huai-jun¹

(1. The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China; 2. Unit 93926 of Air Force, Hetian, Xinjiang 848000, China)

Abstract: This paper studies a contention resolution strategy in OBS networks, i. e. deflection routing, and puts forward both the approximate and the accurate models for the data loss analysis of single OBS node with and without wavelength conversion.

Key words: OBS; contention resolution; deflection routing; approximate model; accurate model