

第一章 基于单片机的网络编程概述

随着网络技术的迅猛发展，Internet 已经走进千家万户，越来越多的人拥有了随时随地上网的条件，享受着网络带来的方便快捷的生活。同时，随着嵌入式控制技术的成熟，网络也逐步与之结合，深入到工业、楼宇、家居智能化等领域，实现远程数据采集、远程控制等功能。网络化已经成为新一代嵌入式系统发展的一个重要趋势。试想不久的将来，坐在办公室的电脑前就能查看和控制家里的门窗和灯的状态，甚至可以在下班时把家里配好汤料的电饭煲打开，到家就能闻到扑鼻而来的香味了。

盛行全球的 Internet 网络是基于 TCP/IP 协议族为基础组建的，TCP/IP 是网络通讯系统互联的事实标准。研究嵌入式系统的网络化，就要先从 TCP/IP 的概念入手。

1. 1 TCP/IP 的概念及分层结构

TCP/IP 协议是传输控制协议的简称，它实际上是一个协议族，包括许多相关协议。其中最核心的协议是 IP（网际协议）和 TCP（传输控制协议），其它还包括 ARP（地址解析协议）、RARP（逆地址解析协议）、ICMP（Internet 控制报文协议）、UDP（用户数据报协议）、IGMP（Internet 组管理协议）、DNS（域名系统）、TFTP（简单文件传送协议）、BOOTP（引导程序协议）、SNMP（简单网络管理协议）、Telnet（远程控制协议）、FTP（文件传送协议）、SMTP（简单邮件传送协议）等重要协议。并且，随着网络技术的发展，还会不断有新的协议加入到 TCP/IP 协议族。这些协议规范了不同的场景下的网络互连，实际应用中可以根据系统的需要使用其中的一些协议。

从 TCP/IP 协议的数量就可以看出，Internet 网络是一个比较复杂的系统，能适配多种应用场景，根据使用协议的不同而实现不同的功能。为了降低网络设计的复杂性，设计者将以分层的方式组织 TCP/IP 协议，每一层可能包括不同通信服务的多种协议。从最底层的硬件开始，每一层都建立在其下一层的基础上，并负责向其上一层提供服务。只有相邻层才能通过软件接口联系起来，非相邻层没有直接的联系。

TCP/IP 的分层见图 1—1，分为物理链路层、网络层、传输层和应用层四层。

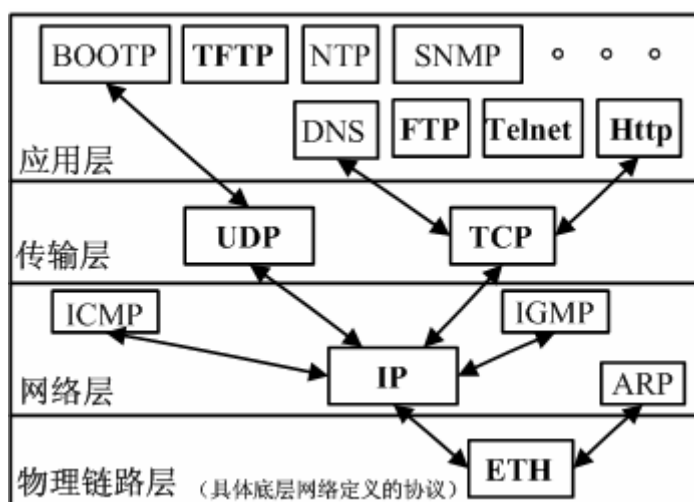


图 1—1 TCP/IP 协议族的分层结构

物理链路层：包含网络芯片的硬件和基于硬件上的芯片级驱动。随着网络物理介质的不同和使用网络芯片的不同，需要选择不同的通信方式和修改相应的驱动程序，但只要对外提供的接口不变，网络层的程序是不用修改的。例如以太网（Ethernet）和通过 Modem 上网的方式不同，驱动不同，但不影响网络层。

网络层：接收物理链路层过滤后的数据，并对通过识别不同的分组信息后传给传输层中不同的协议。著名的 IP(网际协议)是网络层的协议，它支持将多种网络技术互联为一个逻辑网络。IP 提供不可靠的、无连接的、尽最大努力交付的分组传输机制，为两个物理设备之间的信息传递提供最好的传输服务。所有具有网络层的因特网设备都会运行 IP 协议。

传输层：传输层的两个重要协议 TCP（传输控制协议）和 UDP（用户数据报），都是端到端的协议，根据应用程序需要的服务的不同可以选择其中的一个协议。发送时，TCP 和 UDP 都将报文头和数据打包放在 IP 的数据段中发送出去。接收 IP 分组后，剥离 IP 的首部，得出是 TCP 还是 UTP 协议，再根据其首部中端口的不同，交给应用层程序处理。

应用层：这一层的功能最终面向用户，因此非常丰富，并且千差万别。每一个应用层协议都是为了解决某一类应用问题而规定的，是通信双方都需要遵循该协议才能正常通讯。比如，telnet 提供远程登陆服务；FTP 提供应用级的文件传输服务；SMTP 提供简单的电子邮件发送服务；http 提供网页浏览服务；还有域名服务系统 DNS、简单网络管理协议 SNMP 等等。

1. 2 TCP/IP 网络的通信流程

前面说过，TCP/IP 分为四层。那么为什么要这样设计，分层之间怎样通信？我们从生活中的信件传递说起。

如果你要告诉对方一些事情，写到信纸上后，需要装到写有对方邮编、地址和收件人的信封里，然后给邮递员。邮递员在邮局里需要将同一城市的信件和物品打包成一个编织袋，袋子上写着始发城市和目的城市，如深圳邮局到北京邮局。然后这个编织袋会经过飞机、火车或汽车送往北京邮局。以上过程都属于“封装”的过程。

编织袋到目的城市后，对方邮递员拆开编织袋，将信封送到接收人手中。对方拆开信件后才能读出真正的内容。这个过程属于“解包”的过程。

虽然发件人要说的事情不在信封上，信封看起来是个多余的东西。但没有信封的话，每个邮递员要读信才知道发件人要干什么，这样做至少有两点问题：1) 邮递员并不关心信件的内容，但它要读完信件才知道要发送的地址，非常浪费时间。2) 侵犯了隐私权。所以通过统一格式的信封不仅减轻了邮递员的负担，同时也不会担心别人侵犯了个人的隐私。对物流来说也一样，增加编织袋后，物流就只关心发送站和目的站，不关心里面是信件还是包裹，要送给哪个人。

网络通信也是这样，发送方需要一层层“封装”信息，接收方需要一层层“解包”信息。这样不仅方便实现和维护，而且由于模块化设计，隔离层之间的变动不会相互影响，相对比较安全可靠。

基于分层设计的 TCP/IP 通信的基本过程如图 1-2。

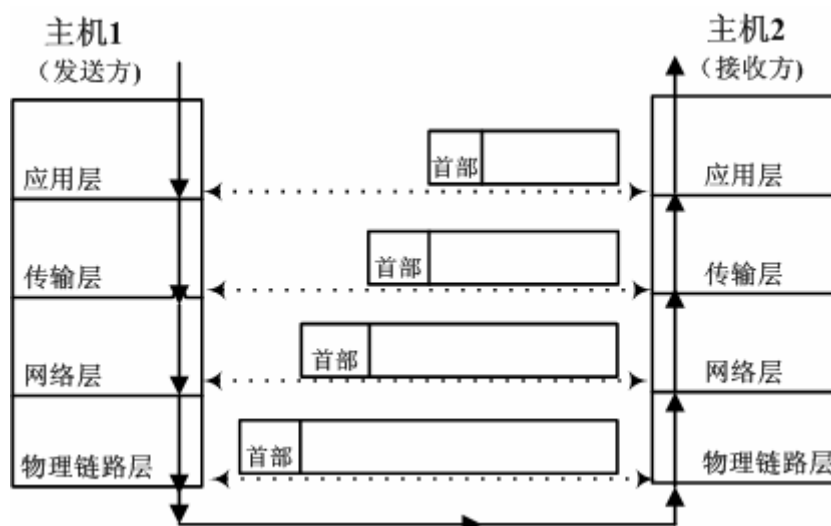


图 1-2 TCP/IP 数据传输过程

当发送方的每一层收到其上一层传来的数据后，都要加上本层的首部，然后再传给其下一层。这一层并不知道上一层给它的数据中哪些是用户需要发送的真正数据，它把上一层的协议首部和数据都看成自己的数据。这个过程就称之为“封装”。比如网络层的 IP 协议接收到传输层 TCP 送过来的数据后，它并不知道传输的是 FTP 还是 http 或其它应用层协议的内容，只知道传过来的数据都是 TCP 数据，因此它增加一个 IP 首部，在首部的协议字段中填写 TCP 协议值（6），并且填写好总长度，校验和等选项后送给物理链路层的以太网协议。以太网层软件再在所有数据前增加一个以太网帧首部后发送出去。

在接收方每一层收到相邻的下一层送来的数据后，将本层协议的首部去掉后交给其上一层。这个过程就称之为“解包”。经过层层剥离后，真正的数据交给等待数据的应用程序。

1.3 单片机控制的网络硬件框图

嵌入式系统应用广泛，一些大型的通信基站（常常建立在高山上的铁塔）里的控制器就是 ARM 或 PowerPC 等嵌入式处理器，其网络功能比电脑里的通讯要强很多。但开发软件需要考虑很多场景，代码都是几十上百万行，开发测试人员上百人，投入成本很大，不适宜个人学习 TCP/IP 协议和常用的简单控制。我们要研究的基于单片机控制的网络应用，软硬件要求起点低，成本很低，开发出来具有良好的经济价值。

硬件平台结构如 1-3 所示：其中单片机选 51 系列单片机，要求程序存储器大于 16K（一般的增强型 51 如 PHILIPS 公司的 P89C51RD2，STC 的 STC89C516RD 的程序存储器都接近 64K），由于单片机内部 RAM 比较小，因此需要外接 32K 的 RAM，一般选用 62256 芯片。与以太网接口的芯片采用 RealTek 公司的 RTL8019AS，RTL8019AS 是 10Mb/s 以太网接口芯片，ISA 接口。同时通过 MAX232 与 PC 机或其它调试机连接，可以显示调试或相关信息。如果需要使用 EEPROM 存储相关的 IP、MAC 等信息，可以外接 I2C 接口的芯片，如 24C02。不过很多单片机内部都集成了 EEPROM，如 STC 的单片机，因此也可以省略存储电路。为保证程序的可靠，看门狗也是必须的，不过很多单片机也是片内集成硬件看门狗，具体可参考芯片手册。由此可见，实现单片机上网的硬件电路比较

简单，因此成本也低。由于单片机最小系统（晶振，电源等）和所接芯片（MAX323,RTL8019,RAM 等）都有成熟的电路模块，可参考相关芯片手册，这里不再详述。与 RTL8019AS 的连线介绍也可参考《第三章 网络芯片的驱动》。

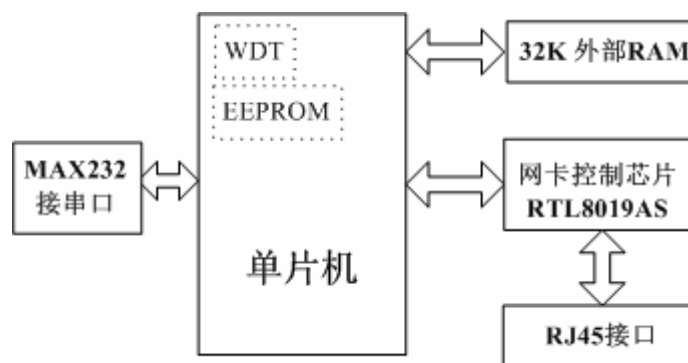


图 1-3 基于单片机控制的硬件框图

1. 4 常用嵌入式 TCP/IP 协议栈

随着网络的发展，越来越多的人投入到网络协议栈的研究，开发出许多优秀的协议栈。一些著名的嵌入式操作系统都带有强大的 TCP/IP 功能，如 vxWorks, linux。同时，也涌现了许多一些源代码公开的免费协议栈，目前较为著名的免费开源协议栈有：lwIP、uIP、openTCP、TinyTCP 等。下面介绍在嵌入式系统应用很广泛的 lwIP 和 uIP 协议栈。

lwIP: 是 TCP/IP 协议栈的一个小型实现，支持的协议功能比较完整，包括带 IP 和 ICMP 的 TCP 和 UDP 传输层。一般需要多任务环境支持（也可以移植到没有操作系统的环境下运行），仅协议栈的代码占用 ROM>40KB，RAM>10K 以上，不适合 8 位机系统。目前流行的移植版本是基于 ucos2 操作系统上和 ARM7 控制系统。

uIP: uIP 是专门为 8 位和 16 单片机设计的一个非常小的 TCP/IP 协议栈。uIP 完全用 C 编写，可以很方便的移植到各种不同的结构和操作系统上。一个编译的栈可以有几 KB ROM 或几百字节 RAM 中运行。并且其硬件处理层、协议栈层和应用层共用一个全局缓存区，不存在数据的拷贝，极大的节省空间和时间。由于结构简单、功能可靠，很多 8 位单片机都移植 uIP 协议栈。

1. 5 单片机 TCP/IP 网络特点

单片机在嵌入式领域中属于很低端的处理器，其资源和处理能力有限。首先，它的程序存储空间 ROM 和数据存储空间 RAM 都不能超过 64K。其次，它的 CPU 频率一般在 12M~40M 之间，指令的执行速度相对慢，导致网络传输速度很难上去。据计算，12M 的 51 单片机的最快网络传送速度大概为 25KB/s。

这些特点，导致单片机上不可能运行大而全的 TCP/IP 协议栈。需要使用精简的嵌入式协议栈。虽然处理速度和通讯流量不允许很大，但对于一般的工业、楼宇、家居智能化等领域也足够应付。更重要的是，它的成本很低，具有很高的经济价值。

考虑到这些特点，uIP 协议栈是一个不错的选择。因此本书以图 1-3 基于单片机控制的硬件和 uIP 协议栈介绍单片机的 TCP/IP 网络编程与应用。

版本：V1.0 初稿，欢迎指导

作者：gateway

邮箱：**gatewaytech@126.com**

Q Q： 1079197758

修改日期：2009.3.13