

TCP/IP 协议及数据流程研究

陈富贵 (江汉石油学院计算中心 434102)

摘要: 本文用结构图和流程图方式, 主要讨论了 TCP/IP 协议层次、协议之间的关系、数据流程、地址变换等问题。

关键词: 计算机网络 TCP/IP ARP 路由器 协议

随着 Internet 的普及 TCP/IP 协议的地位越来越重要。本文利用结构图和流程图方式, 从一个新的角度来对 TCP/IP 协议层次结构及其工作机制作一些探讨。

一、TCP/IP 协议及数据流结构

从 OSI 的角度看, TCP/IP 协议的层次结构并没有十分明确的划分, 但大致可分为四个层次。该协议集包括许多协议, 但一个系统具体使用何种协议则取决于网

络用户的需求和网络设计人员的要求。

不妨假设一台 TCP/IP 网络上主机有以下协议, 其结构如图 1 所示。通过它可以说明系统内各种协议之间的关系。

由图可见, 在 TCP/IP 中, TCP、UDP、IP 是协议集的核心, 应用层协议 FTP、TELNET、SMTP 等基本上是依赖于 TCP 的, 而 NFS、DNS 和 RIP 等则基本上是依赖于 UDP 的, 而有些应用程序型协议如 EGP, 它不使用传输层服务, 而直接使用 IP 服务。IP 则是整个协议集的纽带。

从总体上看, TCP/IP 传输行为开始于应用层协议。在 TCP 的应用层中, 要传输的信息称为“数据流 (stream)”, 由应用层传送到传输层。而在 UDP 的应用层中要传送的信息称为“报文 (message)”由应用层传送到传输层。在传输层, TCP/IP 将它的用户数据按目的方可接受的最大长度分成“段 (segment)”传送到 IP 层, 而 UDP 是基于分组交换的数据报模式, 它的数据结构以

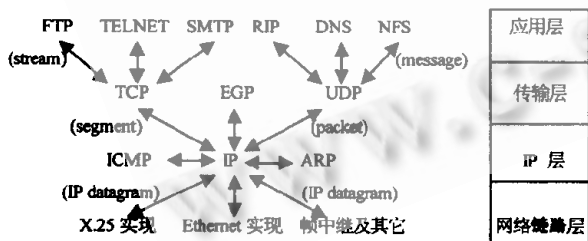


图 1

“分组(packet)”传送到 IP 层。无论“段”还是“分组”,在网间层都被组织成 IP“数据报(datagram)”交给网络链路层,网络链路层则将数据封装成“帧(frame)”,通过具体网络传送出去。

TCP/IP 协议的数据传送过程中,一个较通用的过程是将 IP 地址变换成物理地址的过程,这由 ARP 或网关代理 ARP(见本文第三部分)协议实现。

二、IP 与上下层的连接

在 TCP/IP 中,IP 是连接上下层协议的纽带,也是 IP 层中最重要的协议。无论是进来还是出去的 TCP/IP 数据,都要经过 IP 协议处理。

IP 协议对出去的数据要分解为 IP 数据报并为之选择合适的路由传送出去,对进来的数据则要剥去 IP 头并重组,然后传送给上层 TCP 或 UDP 协议。

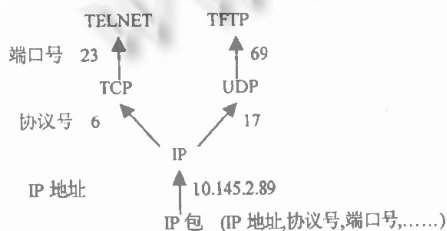


图 2

多个应用层协议使用的可能是同一个 TCP 或 UDP 服务,而 TCP 和 UDP 则都使用同一个 IP 服务。反过来,IP 所面对的是多个上层协议(或上层实体)。这就是所谓多路复用或去复用。为了标识各个协议,IP 协议用“协议号”(protocol number, IP 报头第 3 个字)来标识传输层协议,而传输协议则使用“端口号(port number)”标识应用程序。因此,协议号和端口号的组合保证了对接收数据的特定进程的唯一标识,那么再加上 IP 地址,就唯一地标识了整个网络中的一个网络进程。这种关系可用图 2 来表示。IP 地址和端口号的组合就是所谓“软插口(socket)”。

1. IP 与上层的连接

当用户通过某一系统调用或应用层协议申请网络服务时,系统首先按系统调用或应用层协议的套接字类型和协议号,找到对应的网络协议(如 TCP、UDP、ICMP 等),根据用户请求,进行相关协议处理,并在需要时调用 IP 协议的输出功能输出协议数据,把控制转移给 IP 协

议。

当 IP 层协议收到其他子网发送给本地用户的数据时,IP 协议将根据 IP 报头中的协议号,在本地支持的上层协议中找到对应的上层协议,并将数据传送给对应的上层协议,去继续上层协议的处理。

2. IP 与下层的连接

IP 不仅向高层协议提供服务,也需要得到下层协议的支持。IP 与下层子网协议的连接是通过具体物理网络的设备驱动程序来实现的。由于每个下层设备驱动程序都在 IP 协议有登录,IP 对于不同物理网络就有不同的标识。

当 IP 层被上层协议调用向下发送数据时,它首先按要发送的数据报的目的地址查找路由表,然后按照发送路由所确定的物理网络(Ethernet, 802.3, 802.4, 802.5, X.25, 帧中继, ATM 等),将 IP 数据报交由低层网络协议及相应网络驱动程序,封装成相应的物理网络帧中在物理网络上传送。

当从网络收到数据时,则将 IP 报头中目的 IP 地址与本地 IP 地址比较,若相同,则按报头协议号把报文传给上层对应的协议,否则,说明它是一个需要当前 IP 协议进行网间中继的报文,于是 IP 也要查路由表,将报文转发出去(这是 IP 路由器要进行的工作)。

三、IP 路由选择算法及 IP 地址到物理地址变换过程

IP 路由选择算法与 ARP 有紧密的联系及类似工作机制,前者用来确定目标网络,后者用来确定目标主机。

1. IP 路由选择算法

IP 路由器通过 IP 地址的网络号来进行路由选择,每台机器都拥有一个包含目的网络地址和“下一站点”的路由选择表(静态或动态),路由器的 IP 协议收到数据报时,它首先从 IP 地址提取网号,然后按图 3 所示来确定目的路由或下站地址。

2. IP 地址到物理地址变换

在 TCP/IP 网络中,IP 地址是全网统一的地址标识。有了 IP 地址,用户不必关心本地和远地物理媒体和物理地址,就可以彼此透明地通信。但网络上的计算机要进行通信必须相互知道硬件的物理地址。

IP 地址与作用于一物理连接的硬件物理地址存在着——对应关系。当发送方主机通过 IP 路由选择机制确定了到达目的主机的物理信道之后,发送方通信子

网协议还必须知道与本次发送的目标相对应的物理地址,才能将 IP 数据报打包成 Ethernet 帧(注:假定基础网络为以太网,后同)进行发送。利用 IP 地址来找到目标物理地址就是 ARP 协议的任务。ARP 协议可以实现任何一种上层协议(在 TCP/IP 协议中就是 IP 协议)地址到任何一种下层物理地址间的映射。ARP 协议把 IP 地址变换成物理地址的过程可用图 4 来表示(注:图 4 中用“AC”代表“ARP cache”,“PD”代表“物理地址”)。

关(或缺省 IP Router? IP 路由器)的物理地址,若没有找到,则 ARP 转而广播缺省网关的 IP 地址,把 ARP 包送给与发送方在同一网络上的 IP 路由器。IP 路由器在收到 ARP 包时,一方面将源主机 IP 地址/物理地址记入自己 ARP 缓存中,从而记下网络变化;一方面把自己的物理地址回送给请求主机。然后发送方就将数据报打包传送给该路由器,以后数据报接力的任务就由 IP 路由器去完成。在 IP 路由器上,IP 同样采用类似机制获得下一站(IP 路由器或主机)硬件地址,并打包发送。

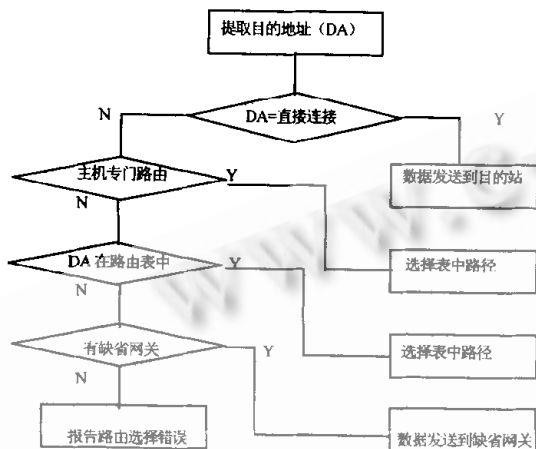


图 3

ARP 协议软件维护着一张 IP 地址和以太网地址的变换表(即“ARP cache”),并可以动态更新。在有数据要发送时,发送主机的 IP 先(通过子网掩模提取子网号)判断目标主机属于本地还是远程主机,若属于本地主机,它首先查找自己的 ARP cache,若从中找到了目标 IP 地址对应的物理地址,就按该物理地址将数据打包成 Ethernet 帧发送出去。如没有查到对应的物理地址,就产生 ARP 广播包,发送给本网段上每一个主机。该 ARP 广播包含有要转换的目标主机的 IP 地址(还带有源主机的 IP 地址和硬件地址)。目标主机识别了该 IP 地址,就将自己的物理地址发回给请求方,请求方主机收到了该物理地址,一方面将它存入自己的 ARP 缓存,以便下次直接使用(以减少 ARP 请求次数);一方面则利用该物理地址来形成 Ethernet 帧并发送出去。

如果判断目标主机属于远地而不是本地,发方主机先从自己的路由表中查找目标主机或网络的路由,若没有查到,则认为是缺省网关,并从 ARP cache 中找缺省网

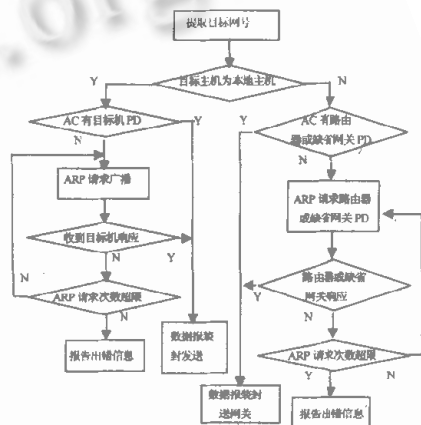


图 4

当 ARP 请求包发出后,在规定时间内没有收到 ARP 响应包,就会重发 ARP 请求包,直到超过规定重发次数停止重发,并产生目标不可达的错误信息(一种 ICMP 包)。

参考文献

- [1] 陈富贵,胡修林“基于 TCP/IP 网际的语音/数据综合传输研究”,计算机系统应用 1997.5
- [2] 陈富贵,胡修林“X.25 与帧中继”,计算机系统应用 1996.8
- [3] 朱三元,杨明等 网络通信软件设计指南,清华大学出版社
- [4] 俞时权,杨明等 计算机网络 TCP/IP 的设计与标准,海洋出版社

(来稿时间:1999 年 1 月)