

# 第 1 章 计算机网络基础

计算机网络技术的飞速发展及其在社会生产、生活各方面的应用，使人们对计算机网络越来越熟悉，特别是无线网络与智能终端的普及，使人们接入、应用计算机网络更加便捷。然而，相比使用计算机网络，对计算机网络进行管理与维护需要很多更加专业的知识。

作为本书的开篇，本章介绍了学习计算机网络必须掌握的一些基础知识，包括组建计算机网络最常见的设备，以及它们的功能与原理、IP 地址与网卡地址、经常用到的一些网络命令等。

## 1.1 常见的网络设备

Internet ( 互联网 ) 是全世界最大的计算机网络，构成 Internet 的网络设备种类繁多，且与日俱增。基本的网络设备包括计算机/服务器、网卡、调制解调器、集线器、交换机、网桥、路由器、网关、无线接入点、网络防火墙、入侵检测防御系统、上网行为管理器等。部署在全球的所有网络设备通过网络传输介质连接起来便构成了基本的 Internet。

### 1.1.1 网卡

网卡一般也称为网络接口卡 ( Network Interface Card , NIC ) 或者网络适配器 ( Network Adapter , NA ) ，是计算机接入网络不可缺少的硬件网络设备。虽然在计算机网络的发展过程中曾出现过多种网络技术标准，但目前最通用的是以太网 ( Ethernet ) 技术，最常见的是以太网卡。

常见的网卡与计算机的连接方式有 3 种。

#### 1. 通过 PCI/PCI-E 接口连接主板

安装这种网卡需要打开计算机机箱，将网卡插入主板上的 PCI 或 PCI-E 插槽内，相对于传统 PCI 总线在单一时间周期内只能实现单向传输，PCI-E 的双单工连接能提供更高的传输速率和质量。PCI-E 接口还能够支持热拔插，越来越多的网卡使用 PCI-E 接口，如图 1-1 所示。这种网卡具有容易更换的优点，适用于服务器设备。例如，当服务器需要升级到万兆网络连接时，可以直接更换旧网卡换成万兆网卡即可。需要注意的是，当更换比较新的、速度更高

的网卡时，往往需要安装网卡驱动程序使操作系统能够识别网卡并正常工作。



图 1-1 PCI-E 接口网卡

## 2. 主板集成网卡

随着网卡芯片的成熟与成本的降低，越来越多的主板厂商将网卡功能直接集成在主板上。集成网卡和 PCI 网卡一样，都具有独立的处理芯片，因此对 CPU 资源的占用率不高，对计算机整体性能的影响可以忽略不计。集成网卡可以避免 PCI 网卡接口松动引起的故障，但往往接口速度不高，千兆网卡比较常见，支持万兆集成网卡的主板比较少。集成网卡芯片如图 1-2 所示。



图 1-2 主板集成网卡芯片

## 3. 通过 USB 接口连接主机

随着无线网络应用的普及，很多没有无线网卡的计算机需要接入无线网络，使用 USB 无线网卡是一种很便捷的方法。这种网卡体积较小，便于安装，如图 1-3 所示，它内置无线 WIFI 芯片，连接电脑 USB 接口后，电脑网卡列表中会出现新的无线网卡设备。在系统检测到可用

的无线网络后，点击连接，即可完成无线网络接入。无线网络采用 2.4 GHz 和 5 GHz 这两个无线通信频段，常用的协议标准是 802.11n 和 802.11ac 标准。



图 1-3 USB 接口无线网卡

## 1.1.2 交换机

交换机（switch）是比较常见的网络设备，最常见的是以太网交换机，如图 1-4 所示，其他的还有电话语音交换机、ATM 交换机等。以太网交换机的主要功能是连接多台计算机、路由器等网络设备，完成数据的转发，它能够将用户发出的数据包根据目的地址准确地转发到目的地。本节的讨论主要针对以太网交换机。



图 1-4 RG-S2628G-E 以太网交换机外观

### 1. 交换机的分类

从广义上来看，交换机分为两种：广域网交换机和局域网交换机。广域网交换机主要应用于电信领域，提供通信基础平台。而局域网交换机则应用于局域网络，用于连接终端设备，如 PC（个人计算机）及网络打印机等。

#### 1) 按照网络构成分类

网络交换机可划分为接入层交换机、汇聚层交换机和核心层交换机。接入层交换机一般用于直接连接计算机，根据用户的不同接入方式与传输介质（例如：光纤、双绞线、同轴电缆、无线接入等）实现用户接入网络。汇聚层交换机是多台接入层交换机的汇聚点，它必须能够处理来自接入层设备的所有信息，并提供到核心层的上行链路，因此，汇聚层交换机与接入层交换机比较，需要更高的性能，更少的接口和更高的交换速率。接入层和汇聚层交换机共同构成完整的中小型局域网解决方案。核心层的主要目的在于通过高速转发通信，提供优化、可靠的骨干传输结构，因此核心层交换机应该有更高的可靠性、性能和吞吐量。

#### 2) 按照传输介质和传输速度分类

交换机可以分为以太网交换机、快速以太网交换机、千兆以太网交换机、10 G/40 G/100 G 以太网交换机、FDDI 交换机、ATM 交换机和令牌环交换机等多种。这些交换机分别适用于以太网、快速以太网、FDDI、ATM 和令牌环网等环境。

### 3) 按照规模应用分类

从规模应用上又可以分为企业级交换机、部门级交换机和工作组交换机等。一般来讲，企业级交换机都是机架式；部门级交换机可以是机架式，也可以是固定配置式；而工作组级交换机则一般为固定配置式，功能较为简单。从应用的规模来看，作为骨干交换机时，支持 500 个信息点以上大型企业应用的交换机为企业级交换机，支持 300 个信息点以下中型企业的交换机为部门级交换机，而支持 100 个信息点以内的交换机为工作组级交换机。

### 4) 按照架构特点分类

根据架构特点，人们还将局域网交换机分为机架式、带扩展槽固定配置式、不带扩展槽固定配置式三种产品。机架式交换机是一种插槽式的交换机，扩展性较好，可支持不同的网络类型，但价格较贵。带扩展槽固定配置式交换机是一种有固定端口并带少量扩展槽的交换机，这种交换机在支持固定端口类型网络的基础上，还可以通过扩展其他网络类型模块来支持其他类型的网络，这类交换机的价格居中。不带扩展槽固定配置式交换机仅支持一种类型的网络（一般是以太网），可应用于小型企业或办公室环境下的局域网，价格便宜，应用也最广泛。

### 5) 按照七层网络模型分类

按照 OSI 的七层网络模型，交换机又可以分为第二层交换机、第三层交换机、第四层交换机等，一直到第七层交换机。基于 MAC 地址工作的第二层交换机最为普遍，用于网络接入层和汇聚层。基于 IP 地址和协议进行交换的第三层交换机普遍应用于网络的核心层，也少量应用于汇聚层。部分第三层交换机也同时具有第四层交换功能，可以根据数据帧的协议端口信息进行目标端口判断。第四层以上的交换机称之为内容型交换机，主要用于互联网数据中心。

### 6) 按照交换机是否可管理分类

可把交换机分为可管理型交换机和不可管理型交换机，它们的区别在于对 SNMP、RMON 等网管协议的支持。可管理型交换机便于网络监控、流量分析，但成本也相对较高。大中型网络在汇聚层应选择可管理型交换机，在接入层视应用需要而定，核心层交换机则全部是可管理型交换机。

### 7) 广泛的普通分类方法

按照最广泛的普通分类方法，局域网交换机可以分为桌面型交换机、工作组型交换机和校园网交换机 3 类。桌面型交换机使用最广泛，尤其在一般办公室、小型机房和业务受理较为集中的业务部门、多媒体制作中心、网站管理中心等部门。工作组型交换机常用作扩充设备，在桌面型交换机不能满足需求时，大多直接考虑工作组型交换机。虽然工作组型交换机只有较少的端口数量，但却支持较多的 MAC 地址，并具有良好的扩充能力，端口的传输速度基本上为 100 Mb/s。校园网交换机的应用相对较少，仅应用于大型网络，且一般作为网络的骨干交换机，并具有快速数据交换能力和全双工能力，可提供容错等智能特性，还支持扩充选项及第三层交换中的虚拟局域网（VLAN）等多种功能。

### 8) 根据交换技术分类

根据交换技术的不同，有人又把交换机分为端口交换机、帧交换机和信元交换机 3 种。端口交换机转发延迟很小，操作接近单局域网性能，远远超过了普通桥接互联网之间的转发性能。帧交换是目前应用最广泛的局域网交换技术，它通过对传统传输媒介进行微分段，提供并行传送的机制，以减小冲突域、获得高的带宽。

#### 9) 从应用角度划分

从应用的角度看，交换机又可分为电话交换机（PBX）和数据交换机。当然，目前常见的基于 IP 语音传输方式（VoIP）又被称为“软交换机”。

## 2. 交换机的常见接口

随着网络传输介质类型的发展，交换机的接口越来越丰富。图 1-4 所示为 RG-S2628G-E 以太网交换机的外观，图 1-5 所示为其对应的前面板示意图，其中包含了 RJ-45 接口、光纤接口和 Console 接口。

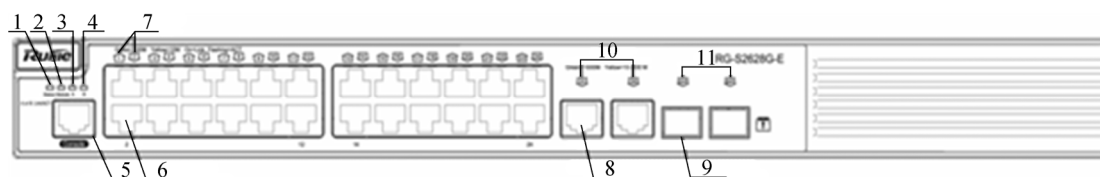


图 1-5 RG-S2628G-E 以太网交换机前面板示意图

- 1—交换机状态指示灯；2—扩展模块在位指示灯；3—扩展端口 1 状态指示灯；4—扩展端口 2 状态指示灯；  
5—Console 口（RJ-45）；6—10/100Base-T 自适应以太网端口（RJ-45）；  
7—10/100Base-T 自适应以太网端口指示灯；8—10/100/1000Base-T 自适应以太网端口（RJ-45）；  
9—100/1000Base-X SFP 端口；10—10/100/1000Base-T 自适应以太网端口指示灯；  
11—100/1000Base-X SFP 端口指示灯

RG-S2628G-E 交换机前面板状态指示灯示意如下：

- (1) 指示灯灭：交换机没有上电。
- (2) 绿色闪烁：交换机正在初始化，若一直闪烁则表示异常。
- (3) 绿色常亮：交换机可正常交换。
- (4) 黄色常亮：交换机温度黄色告警，请及时检查交换机工作环境。
- (5) 红色常亮：交换机故障。

RG-S2628G-E 交换机前面板 1-24 端口指示灯示意如下：

- (1) 指示灯灭：端口未 Link。
- (2) 绿色常亮：端口 100 M Link Up。
- (3) 绿色闪烁：端口正在以 100Mb/s 速率收发数据。
- (4) 黄色常亮：端口 10 M Link Up。
- (5) 黄色闪烁：端口正在以 10 Mb/s 的速率收发数据。

RJ-45 接口适用于常见的双绞线水晶头，只能沿固定方向插入，设有一个塑料弹片与 RJ-45 插槽卡住以防止脱落，在 10Base-T 以太网、100Base-TX 以太网、1000Base-TX 以太

网中都可以使用。这种网线的传输介质都是双绞线，不过根据带宽的不同对介质也有不同的要求，特别是 1000Base-TX 千兆以太网连接时，至少要使用超五类线。RJ-45 接口如图 1-6 所示。

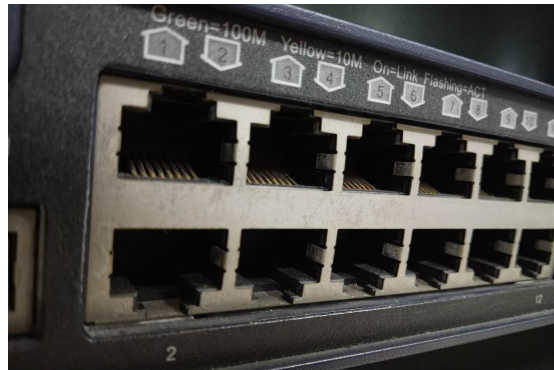


图 1-6 RG-S2628G-E 以太网交换机的 RJ-45 接口

图 1-5 中编号 9 所示位置是光纤模块插入的位置，并不是光纤直接连接的接口。光纤模块需要另外购买，插入网络设备后才能与光纤连接。常见的光纤模块有：GBIC、SFP、XFP、SFP+等。光纤模块能够完成光信号与电信号的转换，它由两部分组成：接收部分和发射部分，接收部分把光信号转换成电信号，发射部分把电信号转换成光信号。光纤模块通常都支持热插拔，图 1-7 所示为 RG-S2628G-E 以太网交换机 SFP 模块接口，图 1-8 所示为 SFP 模块。



图 1-7 RG-S2628G-E 以太网交换机 SFP 模块接口



图 1-8 SFP 模块

光纤接口是用来连接光纤线缆的物理接口，常见的有 FC、ST、LC、SC 等几种类型，如图 1-9 所示。GBIC 模块使用的光纤接口多为 SC 或 ST 型，SFP 模块使用的光纤为 LC 型。

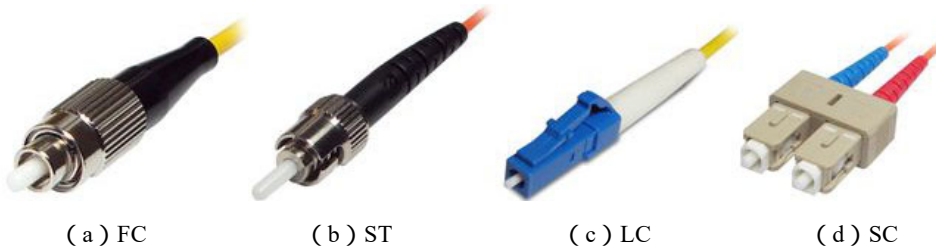


图 1-9 常见光纤接口类型

使用光纤跳线可以连接两端都有光纤模块的设备，光纤跳线是由一段经过加强外封装的



光纤和两端已与光纤连接好的接头构成，如图 1-10 所示。两端接头的型号可以一样，也可以不一样，例如：FC-FC、FC-SC、FC-LC、FC-ST、SC-SC、SC-ST 等。尾纤指一端为接头，另一端为光纤的器件。将一根光纤跳线从中间剪断就成为两根尾纤（见图 1-11）。通常将尾纤的断头通过光纤熔接机与其他光缆纤芯相连。



图 1-10 光纤跳线



图 1-11 尾纤

在可进行管理配置的网络设备上都有一个 Console 接口，管理员通过此接口对网络设备进行管理。虽然对网络设备进行管理的方式有很多种，但在设备内没有配置任何指令的情况下必须通过 Console 接口配置，如新买的设备。

由于网络设备种类繁多，Console 接口可能采用 RS232 (DB-9) 或 DB-25 串行接口，也可能采用 RJ-45 接口，后者更常见一些。通过连接 Console 线缆，管理员可以使用计算机访问网络设备。Console 线缆一端连接 Console 接口，另外一端连接计算机的串口，或者借助 USB 转串口连接器连接计算机的 USB 接口，如图 1-12 所示。



图 1-12 借助 USB 转串口连接器进行 Console 连接

### 3. 交换机的转发原理

#### 1) 以太网数据帧格式

由于历史原因，以太网存在多种类型数据帧格式。目前比较常用的有两种：一种是 Ethernet Version 2 (又称 Ethernet II)；另一种是 IEEE 802.3 格式。在实际使用中大部分 TCP/IP 应用都采用 Ethernet Version 2 帧格式，也存在少量应用采用 IEEE 802.3 格式，如生成树协议 (STP) 和思科的邻居发现协议 (CDP)。

这两种格式的区别是：Ethernet Version 2 中包含一个 Type 字段，而 IEEE 802.3 格式中此位置是长度字段。Type 字段的作用是标识后面所跟数据包的类型。例如，当 Type 为 0x8000 时表示数据字段为 IP 协议数据包，当 Type 为 0x0806 时数据字段为 ARP 协议数据包。IEEE 802.3 格式中长度字段的值表示其后数据字段包含的字节数，由于数据字段的最大长度为 1500 字节，对应十六进制数 0x05DC，所以可以通过此字段的值区分这两种帧格式，如果超过十六

进制数 0x05DC，说明它不是长度字段而是类型字段。这两种帧格式如图 1-13 所示。

两种帧的前序字段都是由 7 个字节的前同步码（1 和 0 交替）和 1 个字节的前定界符（10101011）组成。前同步码中交替出现的 1 和 0 能够为接收端提供位同步，使通信双方能够按照相同的时钟频率发送与采集信号，前定界符的前 6 位与前同步码一样，最后两个连续的 1 告诉接收端接下来开始传输真正的数据。接收端的控制器将接收到的帧送入缓冲器时，前序字段被去除，只留下从目的 MAC 地址字段开始的数据。

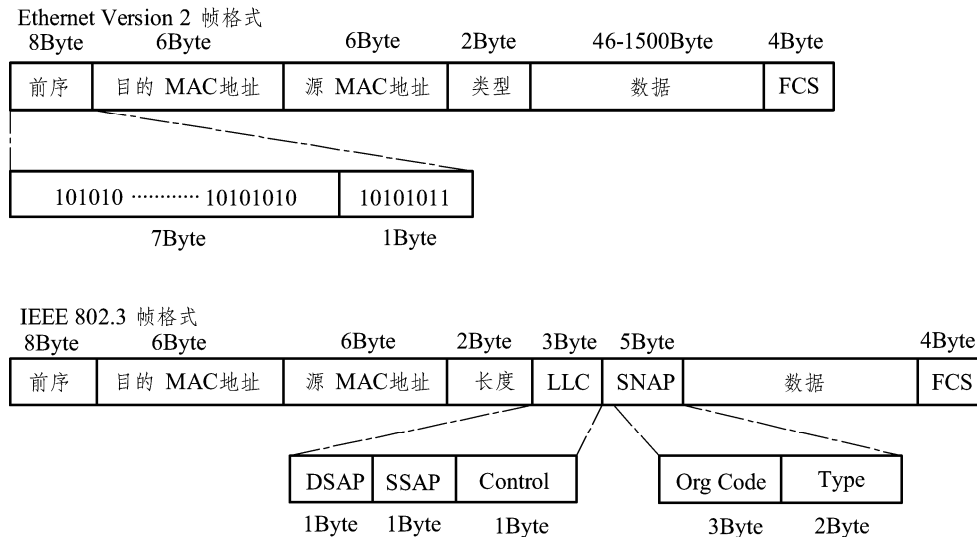


图 1-13 Ethernet Version 2 与 IEEE 802.3 数据帧格式

不论是在 Ethernet Version 2 还是 IEEE 802.3 标准中，数据帧的长度最小值为 64 字节。最小帧长度保证有足够的传输时间用于以太网网络接口卡精确地检测冲突，这个最小时间是根据网络的最大电缆长度和数据帧沿着电缆传播所要求的时间确定的。基于最小帧长为 64 字节和以太网网卡地址长度为 6 字节的要求，得出 Ethernet Version 2 数据字段的最小长度为 46 字节。数据字段的最大长度为 1500 字节。IEEE 802.3 格式中的 LLC 和 SNAP 占用数据字段 8 个字节。目标服务访问点（DSAP）和源服务访问点（SSAP）用于标识该数据帧所携带的上层数据类型，Control 字段基本不使用，一般被设为 0x03，例如：生成树协议使用的 802.3 帧中的 LLC 字段的值为“0x42 0x42 0x03”，“0x42”表示生成树协议的数据。SNAP 字段中的 Org Code 表示机构唯一标识符，是网络适配器厂商代码，Type 标识上层协议。例如，思科 CDP 协议所使用的 802.3 帧中 Org Code 字段为“0x0000c”表示思科公司，Type 字段为“0x2000”表示 CDP 协议。

帧校验序列字段提供了一种错误检测机制，为每一个发送的数据帧计算包括了地址字段、类型/长度字段和数据字段的循环冗余校验（CRC）码，填入 4 字节的 FCS 字段发送。

## 2) 以太网数据帧转发原理

当交换机从某个端口收到一个数据包时，首先读取包头中的源 MAC 地址，这样就能知道源 MAC 地址的设备连在哪个端口上，交换机会将这个 MAC 地址与端口的对应关系记录在交换机内部的转发表中；然后交换机读取包头中的目的 MAC 地址，并在转发表中查找相应的端口；如果表中有与这个目的 MAC 地址对应的端口，就把数据包直接复制到该端口上转发出去；