

# 计算机网络基础

## 第3章 局域网

- 3.1 局域网概述
- 3.2 共享介质局域网
- 3.3 交换式局域网
- 3.4 虚拟局域网
- 3.5 无线局域网

## 3.1 局域网概述

- 局域网（ Local Area Network ， LAN ）是计算机网络的重要组成部分，具有技术简单、组网灵活、成本低、使用方便等特点，是目前应用最为广泛的一种重要网络。它不但起到了网络信息资源共享的作用，而且其应用范围也在日益扩大。
- 局域网可应用于办公自动化、生产自动化、企事业单位的管理、银行业务处理、军事指挥控制、商业管理等方面。



# 3.1.1 局域网的特点和组成

## 1. 局域网的特点

- 局域网是一种覆盖地理范围较小的网络。
- 就**功能**而言，局域网是将多台计算机、打印机及存储设备等互联起来构成一个小型网络，以达到数据通信和资源共享的目的。
- 就**技术性**而言，局域网定义是由特定类型的传输媒体（如电缆、光缆和无线媒体）和网络适配器（亦称为网卡）互连在一起的计算机，并受网络操作系统监控的网络系统。

● 局域网一般具有如下特点：

- ① 网络所有权、经营权和管理权属于某个单位，与广域网通常由服务提供商提供形成鲜明对照，且地理范围和站点数目均有限。
- ② 网络所覆盖的地理范围比较小。通常不超过几十千米，甚至只在一个园区、一幢建筑或一个房间内。
- ③ 数据的传输速率比较高，从最初的 1Mb/s 到后来的 10Mb/s、100Mb/s，近年来已达到 1000Mb/s、10Gb/s。



- 
- ④ 具有较低的延迟和误码率；
  - ⑤ 便于安装、维护和扩充，建网成本低、周期短。
  - ⑥ 能方便地共享昂贵的外部设备、主机及软件、数据，从一个站点可访问全网。
  - ⑦ 便于系统的扩展和逐渐地演变，各设备的位置可灵活调整和改变。
  - ⑧ 提高了系统的可靠性、可用性。

## 2 . 局域网的组成

- 局域网一般可以划分为 网络硬件系统和网络软件系统两大部分。
- 一个局域网一般由以下几部分组成：
  - ① 1 个或多个服务器。服务器可以是文件服务器、打印服务器、通信服务器、数据库服务器等。
  - ② 多个工作站（ Workstation ） / 客户机（ Clients ）  
。目前常见的工作站有 Windows 工作站和 Linux 工作站。



- 
- ③ 网络连接部件，包括网络适配器，也称网卡（ Network Interface Card ， NIC ）、中继器、集线器 Hub 、交换机、网桥等。
  - ④ 传输介质，包括有线和无线。
  - ⑤ 网络软件，包括网络操作系统 NOS 、网络协议及网络应用软件等。
  - ⑥ 网络资源，包括软资源和硬资源，如打印机等。
  - ⑦ 用户。



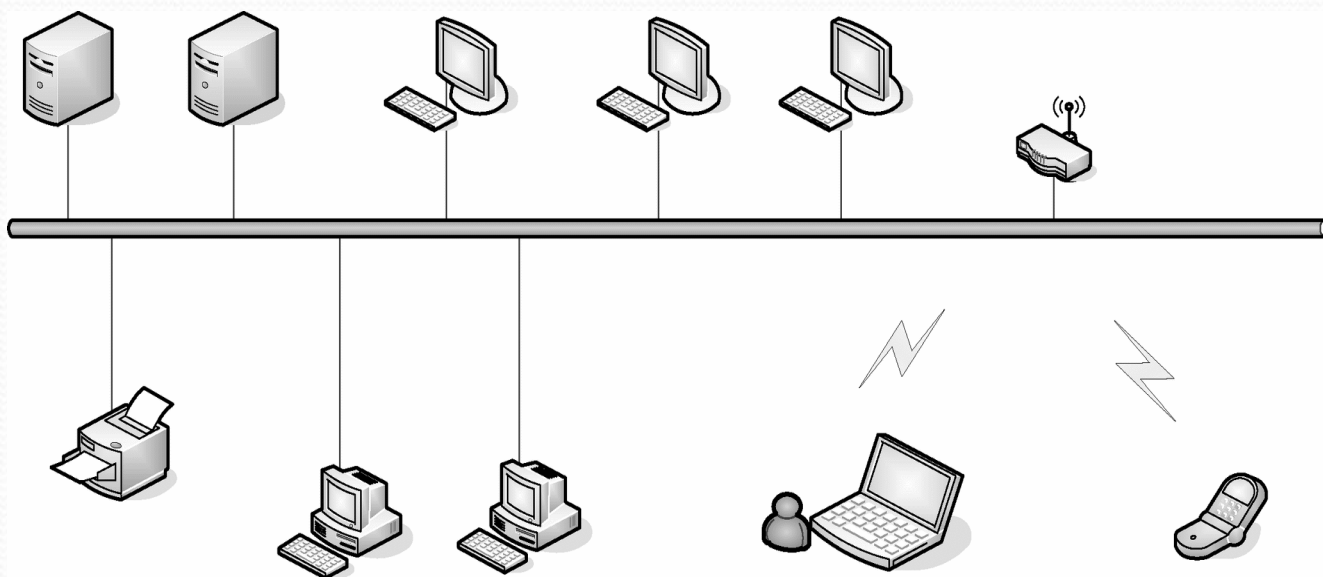


图 3-1 局域网的一般结构

## 3.1.2 局域网的技术特征

- 局域网有三个技术要素，即网络拓扑结构、传输介质和介质访问控制方法。
- 这三种技术要素决定着局域网传输数据的类型、网络的响应时间、吞吐率、利用率及网络应用等各种特性，对局域网有着重要的影响。

- ( 1 ) 拓扑结构：是指一个网络的通信链路和节点的几何排列或物理布局图形。
- 局域网的基本拓扑结构可分为总线型、星型、环型三种，树型结构可以看作是星形结构的扩展，混合型可以看作是总线型、星型、环型三种的结合。



- ( 2 ) 传输介质

- 局域网的传输介质分：

有线传输介质：包括双绞线、同轴电缆和光导纤维

。

无线传输介质：包括微波、红外线、激光、无线电等

- （ 3 ） 介质访问控制方法 （ Media Access Control ， MAC ）
- 局域网的信道属广播信道，所有节点都连到一个共享信道上，多个站点共享同一个链路，对信道的使用采用争用机制，即多个节点争用同一个信道的使用权，所用的访问技术称为多路访问技术。局域网的介质访问控制方法可分为受控方式和随机方式两种。



- 受控方式又分为**集中式**和**分布式**两大类。
- **集中式**控制主要采用多点轮询（ POLL ）方式，每一次通信由主站发起，主站依次循环询问每一个次站，次站若有数据则立即发送，若没有则主站继续询问下一个次站。这种方式适合站点比较少。
- **分布式**控制方式中，没有主站次站之分，网络中各个节点地位平等，各节点的通信由各节点自身控制来实现。



## 3.1.3 局域网的体系结构

- 局域网的体系结构与广域网的体系结构有很大的区别，局域网本身是一个通信网，使用广播信道，即所有的主机都连接到同一传输介质上，各主机对传输介质的控制和使用采用多路访问信道及随机访问信道机制，不需要路由选择，因此它并不需要网络层，而只需要最低的两层：物理层和数据链路层，高层的功能由具体的网络操作系统 NOS 来实现。

- 1980 年 2 月成立 IEEE 802 委员会（ Institute of Electrical and Electronics Engineers INC ， 即电器和电子工程师协会 ）。该委员会制定了一系列局域网标准，称为 IEEE 802 标准。
- 标准中， IEEE 802 又将数据链路层分为两个子层：介质访问控制子层（ Media Access Control ， MAC ）和逻辑链路子层（ Logical Link Control ， LLC ）。因此，在 IEEE 802 标准中，局域网体系结构由物理层、 MAC 子层和 LLC 子层三层组成。



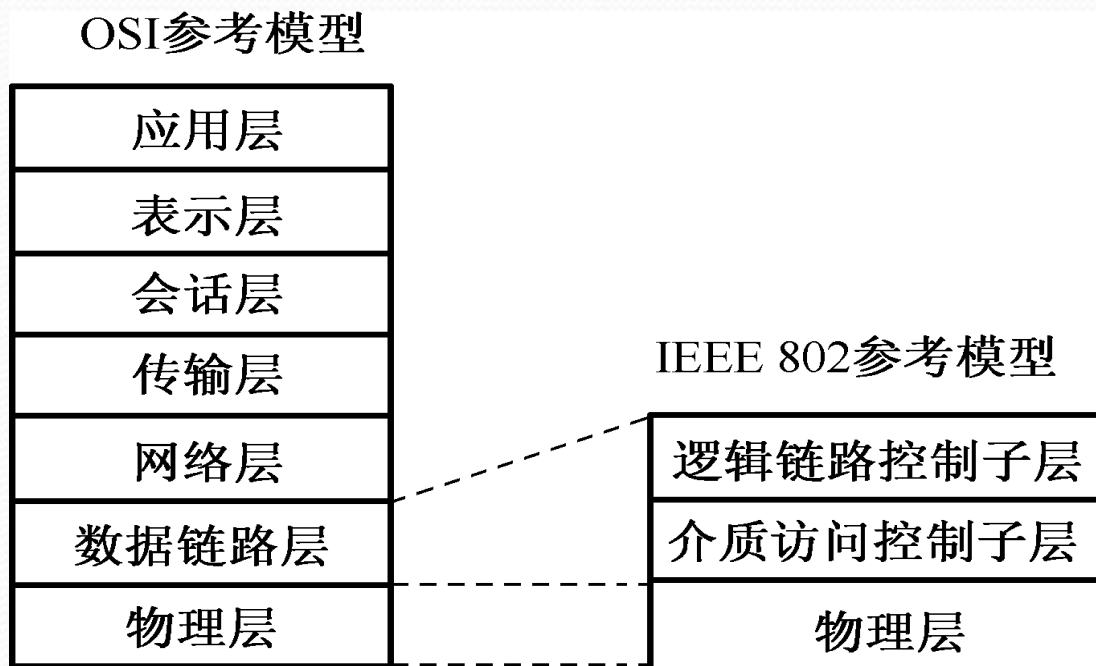


图 3-2 局域网体系结构



# 1. 物理层

- 物理层的主要功能是确保二进制位信号（比特流）的透明传输，包括位流的正确传送与接收。
- 局域网物理层制定的标准规范主要如下：
  - ① 局域网传输介质与传输距离；
  - ② 物理接口的机械、电气、规程和功能特性；
  - ③ 传输信号的编码方案，局域网常用的编码方案有：曼彻斯特码、差分曼彻斯特码、非归零码、4B/5B 码、8B/6T 和 8B/10B 等；

- 
- ④ 错误校验码及同步信号的产生与删除;
  - ⑤ 传输速率;
  - ⑥ 拓扑结构;
  - ⑦ 信令方式。



## 2 . MAC 子层

- MAC 子层直接与物理层相邻，主要功能是通过合理的信道分配，为竞争的用户分配信道使用权，具有管理多链路的功能，包括帧的封装、拆卸、差错检测、寻址、完成介质访问控制功能等，为 LLC 子层提供增值服务。
- 目前，已规定的介质访问控制标准有著名的带冲突检测的载波监听多路访问（ CSMA/CD ）、令牌环（ Token-Ring ）和令牌总线（ Token- Bus ）三种。



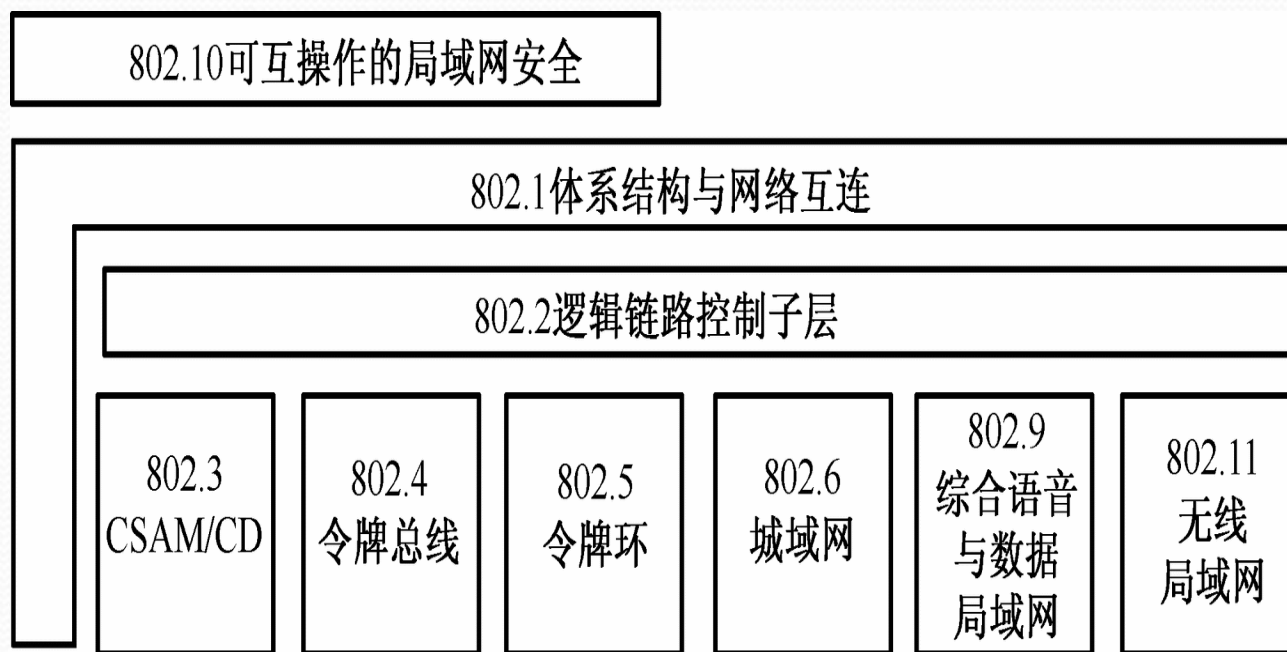


图 3-4 IEEE 802 标准之间的关

- MAC 地址是物理地址（或硬件地址）的划分。用来区别一个局域网上的主机，相当于一台主机的唯一标识符，通常被烧制在网卡中。
- MAC 地址字段可以采用两种形式之一： 6B 全球范围或 2B 单位范围。但 6B 最常用，即 MAC 地址采用 6 字节，共 48 位。
- 为了保证 MAC 地址不会重复，由 IEEE 作为 MAC 地址的法定管理机构，它负责将地址字段的前 3 字节（高 24 位）统一分配给厂商，而低 24 位则由厂商分配。



# 3 . LLC 子层

- LLC 子层主要完成数据帧的组装与拆卸、帧的收发、

差错控制、数据流控制和发送顺序控制等功能，为高层提供面向连接服务和无连接服务两种类型的服务。

- LAN 中的寻址分成两步：

（ 1 ） 根据 MAC 地址找到目的站点。

（ 2 ） 根据 SAP 地址找到该站点中的相应进程。

- LLC 提供 4 种操作类型的服务：

- （ 1 ） LLC<sub>1</sub>：不确认的无连接服务，适用于广播、组播通信，周期性数据采集。
- （ 2 ） LLC<sub>2</sub>：面向连接服务，适用于长文件传输。
- （ 3 ） LLC<sub>3</sub>：带确认的无连接服务，适用于传输可靠性和实时性都要求的信息，如告警信息等。
- （ 4 ） LLC<sub>4</sub>：高速传输服务，适用于 MAN。



构

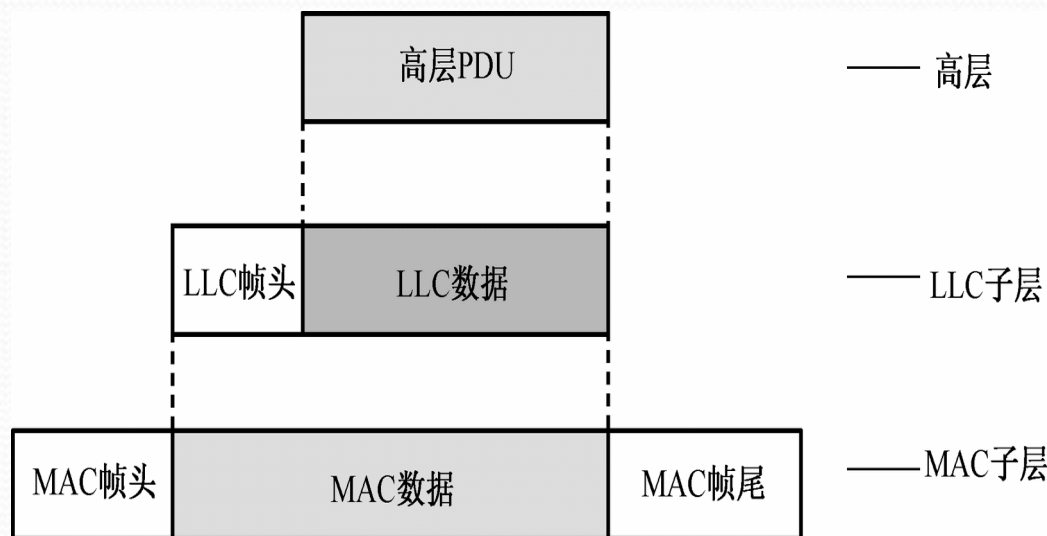


图 3-5 数据链路层帧结

## 4 . IEEE 802 局域网标准

- IEEE 802 委员会于 1984 年前后公布了五项标准，分别为： IEEE 802.1 ~ IEEE 802.5 ，而最新的千兆以太网技术也已标准化。
- 目前 IEEE 802 局域网标准主要包含以下主要内容，其之间的关系如图 3-6 所示。



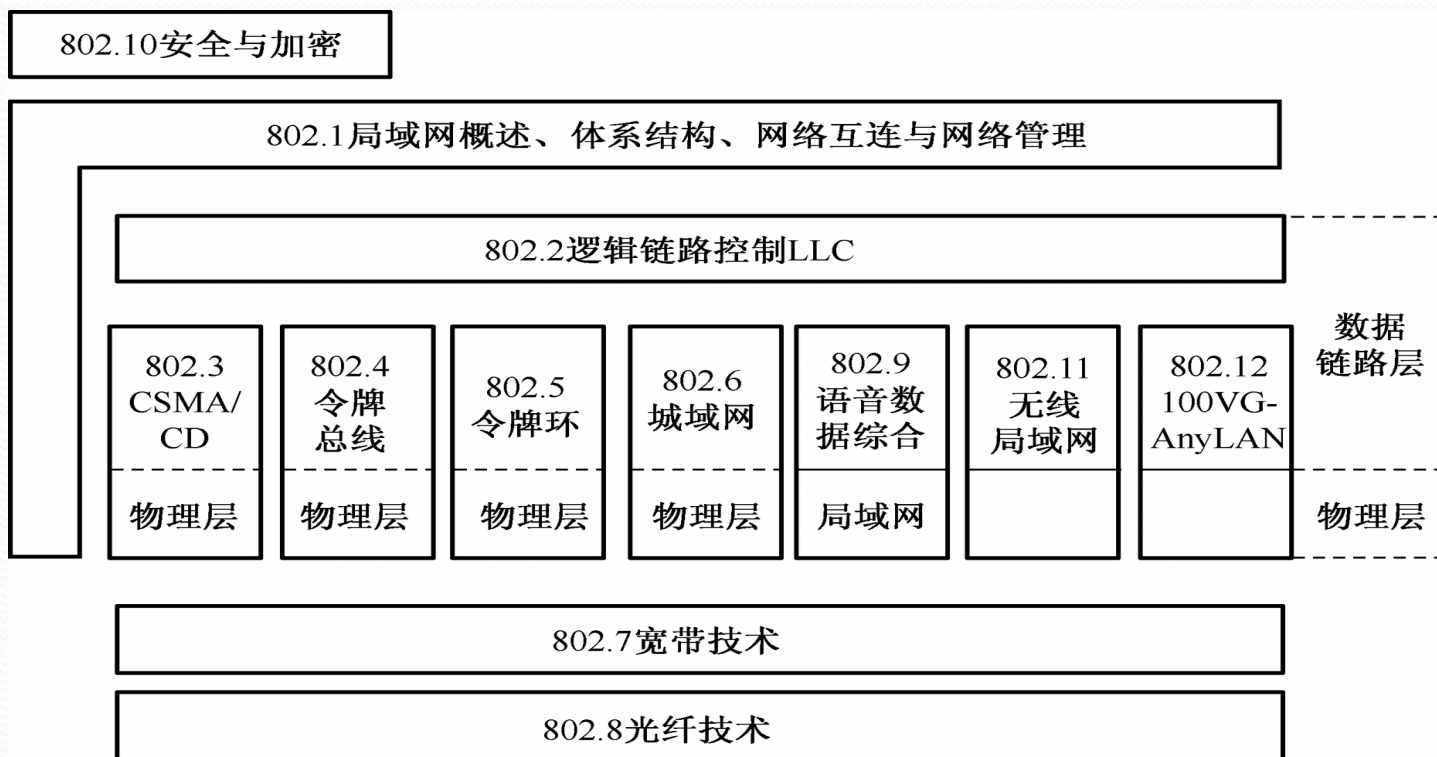


图 3-6 IEEE 802 各分委员会结构关系与局域网标准图

- IEEE 802.1—局域网概述、体系结构、网络管理和网络互联。
- IEEE 802.2—逻辑链路控制 LLC。
- IEEE 802.3—CSMA/CD 介质访问控制标准和物理层规范，定义了四种不同介质 10Mb/s 以太网规范。
- IEEE 802.3u—100Mb/s 快速以太网标准，现已合并到 802.3 中。

- IEEE 802.3z— 光纤介质千兆以太网标准规范。
- IEEE 802.3ab— 传输距离为 100 m 的 5 类无屏蔽双绞线介质千兆以太网标准规范。
- IEEE 802.4—Token Passing BUS （令牌总线）。
- IEEE 802.5—Token Ring （令牌环）访问方法和物理层规范。
- IEEE 802.6— 城域网访问方法和物理层规范。
- IEEE 802.7— 宽带技术咨询和物理层课题与建议实施。



- IEEE 802.8— 光纤技术咨询和物理层课题。
- IEEE 802.9— 综合语音 / 数据服务的访问方法和规范。
- IEEE 802.10 — 安全与加密访问方法和物理层规范。
- IEEE 802.11— 无线局域网访问方法和物理层规范，包括 IEEE 802.11a 、 IEEE 802.11b 、 IEEE 802.11c 和 IEEE 802.11q 标准。
- IEEE 802.12—100VG-AnyLAN 快速局域网访问方法和物理层规范。

## 3.2 共享介质局域网

- 1983 年，以太网技术（IEEE 802.3）、令牌总线（IEEE 802.4）、令牌环（IEEE 802.5）共同成为局域网领域的三大标准。
- 无论哪一种标准组成的网络，网中各站点都是共享同一通信链路，通常把由以上三大标准构成的网络称为共享介质局域网。



## 3.2.1 传统以太网

- 1973 年，美国 Xerox 公司的 Palo Alto 研究中心（PARC）发明了以太网。PARC 的两位研究人员，Robert Metcalfe 和 David Boggs 为了连接实验室的多个 Xerox Alto 设备，开发出了以太网技术，最初的数据传输速率为 2.94Mb/s。
- 1983 年，IEEE 正式批准第 1 个以太网工业标准 IEEE 802.3，确定其采用 CSMA/CD 作为介质访问控制方法，标准带宽为 1 ~ 10Mb/s。



- 对于总线型以太网和星型以太网，虽然两者物理拓  
扑结构不同，但其逻辑结构是同构的，当有两个以上站  
点同时发送信息，都会发生冲突。都是采用 CSMA/CD  
（ Carrier Sense Multiple Access with Collision  
Detection ， 载波侦听多路访问 / 冲突检测协议）协议来  
分解冲突。

- 载波侦听（ **Carrier Sense** ）：是指网络上各个工作站在发送数据前都要确认总线上（即信道）是否有数据传输。若有数据传输，总线忙，则不能发送数据；若无数据传输，总线为空，立即发送准备好的数据。
- 多路访问（ **Multiple Access** ）：是指网络上所有工作站收发数据共同使用同一信道，通信方式属于是广播式。



- 冲突（ Collision ）：是指若网上有两个或两个以上工作站同时发送数据，在信道上就会产生信号的叠加，出现数据冲突。
- 为了减少冲突发生后的影响，工作站在发送数据过程中还要不停地检测自己发送的数据，看有没有在传输过程中与其他工作站的数据发生冲突，这就是冲突检测（ Collision Detected ）。

- CSMA/CD 的工作原理可以概括为：先听后发，边发边听，冲突停止，延迟重发。
- 当一个站点想要发送数据时，其具体原理过程如下：
  - （1）首先检测网络确认是否有其他站点正在传输，即侦听信道的忙闲状态，即先听；
  - （2）如果信道忙，则转（1）；如果信道空闲，站点就立即发送数据，即后发；



( 3 ) 在发送数据的同时，站点继续侦听网络，如果在发送数据过程中侦听不到“冲突信号”，则继续发送直到发完全部数据为止，即边发边听。但是，若多个站点同时发送数据，肯定会产生冲突；

( 4 ) 若侦听有冲突，则立即停止发送数据，同时发送一个加强冲突的阻塞信号，以便使网络上所有工作站都知道网上发生了冲突，即冲突停止，然后，等待一个预定的随机时间转 ( 1 ) ，即延迟重发。



- CSMA/CD 控制方式的优点

原理比较简单，技术上易实现，网络中各工作站处

于平等地位，各站点随机发送，不需集中和优先级控制。但在网络负载增大时，发送时间增长，发送效率急剧下降。



- IEEE 802.3 标准为采用不同传输介质的传统以太网制定了相应的标准，主要有采用细缆的 10Base-2、采用粗缆的 10Base-5、采用双绞线的 10Base-T 以及采用光缆的 10Base-F。
- 这里，10 代表网络带宽为 10Mb/s；Base 代表基带传输；2、5 代表传输距离；T、F 分别代表双绞线和光线网络。

- **10Base-5** 网络使用直径 10mm 的粗同轴电缆（粗缆），匹配阻抗为  $50\Omega$ ，总线拓扑结构，基带传输，带宽 10Mb/s。允许每个网段最多有 100 个站点，每个网段最大允许距离为 500m。通过中继器网络扩展最多为 5 段，网络中最远两个站点距离为 2500m。



- **10Base-2** 网络是为降低 10Base-5 的安装成本和复杂性而设计的，使用廉价的 RG-58 型细同轴电缆（细缆），匹配阻抗为  $50\Omega$ ，总线拓扑结构，基带传输，带宽 10Mb/s。每个网段允许 30 个站点，每个网段最大允许距离为 200m（有效距离为 185m）。通过中继器网络扩展最多为 5 段，网络中最远两个站点距离为 1000m。与 10Base-5 相比，10Base-2 安装、扩展简单，成本低。

- **10Base-T** 使用两对非屏蔽双绞线，一对线发送数据，另一对线接收数据，用 RJ-45 模块作为连接器，通过集线器构成星形拓扑结构，信号频率为 20MHz，使用 3 类或更好的 UTP 电缆。双绞线以太网是以太网技术的主要进步之一，10Base-T 因为价格便宜、组网简单、配置灵活和易于管理而广泛使用。



## 3.2.2 快速以太网

- 1993 年 10 月以前，基于 100Mb/s 光纤分布式数据接口（FDDI）可供选择，其价格非常昂贵。为了追求一种低成本高带宽的网络，可选择的方案如下：
  - ① 增加网络设备，减小冲突域 / 广播域，以此达到提高网络效率的目的。
  - ② 直接提高网络带宽至 100Mb/s 或更高。
  - ③ 彻底克服共享介质局域网的缺点，改共享介质局域网为交换式局域网。

- 100Mb/s 快速以太网标准分为： 100Base-TX 、 100Base-FX 、 100Base-T4 三个子类。

( 1 ) 100Base-TX ： 是一种使用 5 类数据级非屏蔽双绞线或屏蔽双绞线的快速以太网技术。它使用两对双绞线，一对用于发送，一对用于接收数据。在传输中使用 4B/5B 编码方式，信号频率为 125 MHz 。符合 EIA586 的 5 类布线标准和 IBM 的 SPT 1 类布线标准。使用同 10BASE-T 相同的 RJ-45 连接器。它的最大网段长度为 100m ， 支持全双工的数据传输。



( 2 ) 100Base-FX : 是一种使用光缆的快速以太网技术, 可使用单模和多模光纤 (  $62.5\mu\text{m}$  和  $125\mu\text{m}$  ), 多模光纤连接的最大距离为 550m 。单模光纤连接的最大距离为 3000m 。在传输中使用 4B/5B 编码方式, 信号频率为 125MHz 。它使用 MIC/FDDI 连接器、ST 连接器或 SC 连接器。它的最大网段长度为 150m 、 412m 、 2000m 或更长至 10km , 这与所使用的光纤类型和工作模式有关, 它支持全双工的数据传输。

( 3 ) 100Base-T4 : 是一种可使用 3 、 4 、 5 类非屏蔽双绞线或屏蔽双绞线的快速以太网技术。它使用 4 对双绞线, 3 对用于传送数据, 1 对用于检测冲突信号。在传输中使用 8B/6T 编码方式, 信号频率为 25MHz , 传输速率为  $25 \times 8 / 6 \times 3 = 100 \text{ Mb/s}$  , 符合 EIA586 结构化布线标准。它使用与 10Base-T 相同的 RJ-45 连接器, 最大网段长度为 100m 。



## 3.2.3 千兆以太网

- 1996 年 3 月 IEEE 802 委员会成立了 IEEE 802.3z 工作组，专门负责千兆位以太网及其标准，并于 1998 年 6 月正式公布关于千兆位以太网的标准。
- 千兆位以太网标准是对以太网技术的再次扩展，与传统以太网与快速以太网完全兼容，并利用了以往以太网标准所规定的全部技术规范，其中包括 CSMA/CD 协议、以太网帧、全双工、流量控制及 IEEE 802.3 标准中所定义的管理对象，从而原有的 10Mb/s 以太网或快速以太网可以方便地升级到千兆位以太网。

- 千兆位以太网数据传输率为 1000Mb/s 即 1Gb/s，因此也称为吉比特以太网。千兆以太网标准实际上包括支持光纤传输的 IEEE 802.3z 和支持铜缆传输的 IEEE 802.3ab 两大部分，具体可分为如下四个子类。

( 1 ) 1000Base-LX：是一种使用长波激光作为信号源的网络介质技术，在收发器上配置波长为 1270 ~ 1355nm（一般为 1300nm）的激光传输器，既可以驱动多模光纤，又可以驱动单模光纤。



( 2 ) 1000Base-SX : 是一种使用短波激光作为信号源的网络介质技术, 收发器上所配置的波长为  $770 \sim 860\text{nm}$  (一般为  $880\text{nm}$  ) 的激光传输器不支持单模光纤, 只能驱动多模光纤。1000Base-SX 采用芯径为  $62.5\mu\text{m}$  和  $50\mu\text{m}$  的多模光纤。使用  $62.5\mu\text{m}$  多模光纤全双工模式下最长有效距离为  $275\text{m}$  ; 使用  $50\mu\text{m}$  多模光纤全双工模式下最长有效距离为  $550\text{m}$  。 1000Base-SX 所采用的数据编码方法为 8B/10B 。

( 3 ) 屏蔽铜缆 1000Base-CX : 使用一种特殊规格的  $150\Omega$  高质量平衡双绞线对的屏蔽铜缆作为网络介质, 最长传输距离为 25m , 传输速率为 1.25Gb/s , 使用 9 芯 D 型连接器连接电缆, 系统数据编码方法采用 8B/10B , 1000Base-CX 适用于交换机之间的短距离连接, 尤其适用于千兆主干交换机和主服务器之间的短距离连接, 适用于集群网络设备的互连, 例如机房内连接网络服务器。



( 4 ) 双绞线 1000Base-T : 采用 4 对 5 类 UTP 双绞线 , 传输距离为 100m , 传输速率为 1Gb/s , 1000Base-T 的其他一些重要规范使其成为一种价格低廉、不易被破坏并具有良好性能的技术。

## 3.2.4 万兆以太网

- 在万兆以太网的标准，有 2002 年的 IEEE 802.3ae 标准、2006 年的 IEEE 802.3an 标准、IEEE 802.3aq 标准及 2007 年的 IEEE 802.3ap 标准。这些标准扩展了 IEEE 802.3 协议和 MAC 规范，使其支持 10Gb/s 的传输速率，没有采用 CSMA/CD 协议，只运行在全双工方式，仅支持点对点连接。在物理层定义了 LAN 和 WAN 两种接口规范，



- 目前，万兆以太网有：
- 基于光纤的局域网万兆以太网： 10GBase-SR 、 10GBase-LR 、 10GBase-LRM 、 10GBase-ER 、 10GBase-ZR 和 10GBase-LX4 这 6 个规范。
- 基于双绞线局域网的万兆以太网： 10GBase-CX4 、 10GBase-KX4 、 10GBase-KR 、 10GBase-T 等 4 个规范。
- 基于光纤的广域网万兆以太网规范： 10GBase-SW 、 10GBase-LW 、 10GBase-EW 和 10GBase-ZW 等 4 个。

# 3.2.5 光纤分布式数据接口

## FDDI

- 光纤分布数据接口 FDDI （ Fiber Distributed Data Interface ）， 是计算机网络技术发展 to 高速通信阶段出现的第一个高速网络技术。 FDDI 的 IEEE 协议标准为 IEEE 802.7 。 FDDI 以光纤为传输介质，传输速率可达 100Mb/s ，采用单环和双环两种拓扑结构。为了提高网络的健壮性，大多采用双环结构。每一个 FDDI 环可以连接 500 台工作站，工作站间的距离可达 2km ， FDDI 的单环网络范围可达 100km ，双环结构则可达 200km 。



- ( 1 ) FDDI 的物理层： FDDI 的物理介质相关子层 ( PMD ) 是真正和介质有关的子层，该标准定义如何将节点物理地址连接到 FDDI 环上，以及在 FDDI 网络上如何使用不同的介质来互连所有的站。设计的主要内容包括光发送器和光接收器、端口类型、光纤介质 ( SMF 或 MMF ) 、介质接口、光旁路开关。

- ( 2 ) FDDI 的 MAC 子层：在 MAC 子层采用与 IEEE 802.5 类似的令牌传输方式作为介质访问控制机制，但在令牌释放上采用了早期令牌释放 ETR 技术，即只要某站点完成了数据传输，就将令牌释放，而不是像 IEEE 802.5 中那样，直到帧被正确接收后才释放令牌，从而大大提高了信道的带宽利用率。另外，FDDI 的帧格式也类似于 IEEE 802.5 的帧，但两者之间有一些细小的区别。



- ( 3 ) FDDI 的拓扑结构：是一个高速环路，利用它可以为互联网提供高速主干网，并为主机提供高速信道， ANSI 规定 FDDI 可以采用 4 种拓扑，即双环拓扑、集中器树拓扑、双环树拓扑和双主机拓扑。实际上大型网就是把集中器接入双环，由集中器连接 LAN ，在 LAN 中接入多个网站，故集中器是核心部件，集中器实际上就是 FDDI HUB 。



- ( 4 ) FDDI 的应用环境：主要用于以下 4 种应用环境：

- ① 用于计算机机房中大型计算机和高速外部设备之间的连接。
- ② 用于连接大量的小型机、工作站、个人计算机与各种外部设备。
- ③ 校园网的主干网，用于连接分布在校园各个建筑物中的小型机、服务器、工作站和个人计算机及多个局域网。
- ④ 多校园的主干网，用于连接地理位置相距几千米的多个校园网、企业网，成为一个区域性的互联多个校园网和企业网的主干网。



## 3.2.6 其他共享介质局域网

- 1. 100Base-VG-AnyLAN：是指在语音级（Voice Grade）的 UTP 电缆上进行 100Mb/s 速率传输。100VG 属于 HP 公司专利技术，与其他公司的标准互不兼容也不支持全双工，IEEE 把它作为单独的规范，即 IEEE 802.12 标准。

- **2. ARCNET：** 是一种安装广泛的局域网（ LAN ）技术，它采用令牌总线（ Token-Bus ）方案来管理 LAN 上工作站和其他设备之间的共享线路，传输介质采用同轴电缆或光缆 。 LAN 服务器总是在一条总线上连续循环地发送一个空信息帧。当有设备要发送报文时，它就在空帧中插入一个“令牌”及相应的报文。当目标设备或 LAN 服务器接收到该报文后，就将“令牌”重新设置为 0，以便该帧可被其他设备重复使用。



## 3.3 交换式局域网

- 20 世纪 90 年代初，计算机技术和通信技术都有了长足的发展，共享介质局域网的带宽从 10Mb/s、100Mb/s 发展到 1000Mb/s。然而，网络技术的发展无法满足人们网络应用需求的增长，使人们对局域网的带宽要求越来越高，而共享介质局域网采用 CSMA/CD 协议，随着网络用户的增加，网络的性能急剧下降。如何解决这一矛盾，只能从技术上克服共享介质局域网的缺点，交换式局域网技术应运而生。

## 3.3.1 交换式局域网基本概念

- 所有站点连接到一个交换式集线器或局域网交换机上。
- 它们的特点是：所有端口平时都不连通，当工作站需要通信时，交换式集线器或局域网交换机能同时连通许多端口，使每一对端口都能像独占通信媒体那样无冲突地传输数据，通信完成后断开连接。由于消除了公共的通信媒体，每个站点独自使用一条链路，不存在冲突问题，可以提高用户的平均数据传输速率，即容量得以扩大。





- 交换式局域网的优点：

- ① 容易扩展。由于采用星型拓扑结构，而且每个用户的带宽并不因为互连的设备增多而降低。
- ② 每个站点独自使用一条链路，不存在冲突问题，可以提高用户的平均数据传输速度。

## 3.3.2 交换式局域网技术

### 1. 交换式局域网的工作原理

- 交换式局域网的核心设备是局域网交换机，局域网交换机可以在它的多个端口之间建立多个并发连接。典型的交换式局域网是交换式以太网（ Switched Ethernet ），它的核心设备是以太网交换机（ Ethernet Switch ）。
- 以太网交换机有多个端口，每个端口可单独与一个节点连接，也可与一个共享介质式的以太网集线器连接。



● 按功能不同，局域网交换机可以分为两种：

① 二层交换：执行桥接功能，是根据 MAC 地址转发数据，交换速度快，但控制功能弱，没有路由选择功能

。

② 三层交换：是根据 IP 地址转发数据，具有路由功能

。

- （1）以太网交换机的体系结构：使用一条高速背板总线把各个端口连接起来。各个端口针对接收线路和发送线路各有一个缓冲队列，当数据从终端设备发往交换机时，发出的数据暂存在交换机的接收队列中，然后进行下一步处理。如果交换机要把接收的数据发送给某一终端，交换机把要发送的数据发往该接收终端所在端口的发送队列，然后再发送到接收终端，如果终端忙则一直存储在发送队列中。



- 交换机跟 Hub 的最大区别：
- 交换机能实现接口到接口的转发。例如接收到一个数据帧后，交换机会根据数据帧头中的目的 MAC 地址发送到适当的端口。
- Hub 把接收到的数据帧向所有端口转发。

- ( 2 ) 以太网交换机工作过程：开始的时候交换机的 CAM 表是空的，当交换机接收到第一个数据帧的时候查找 CAM 表失败，于是向所有端口转发该数据帧，在转发数据帧的同时交换机把接收到的数据帧的源 MAC 地址和接收端口进行关联形成一项记录，填写到 CAM 表中，这个过程就是学习的过程。



- 学习过程持续一段时间之后，交换机基本上把所有端口跟相应端口下终端设备的 MAC 地址都学习到了，于是进入稳定的转发状态，于是数据帧的发送是点对点的。
- 交换机为每个 CAM 表项提供了一个定时器，该定时器从一个初始值开始递减，每当使用了一次该表项接收到了一个数据帧，定时器被重新设置。如果长时间没有使用该 CAM 表的转发项，则定时器递减到零，于是该 CAM 表项被删除。

- 当一交换机能够提供的端口数量不足以满足网络计算机的需求时，必须要有两个以上的交换机提供相应数量的端口，这也就涉及到交换机之间连接的问题。
- 交换机之间的连接不外乎两种方式：
  - ① 级联模式
  - ② 堆叠技术



## 2. 三层交换技术

- 三层交换（也称多层交换技术，或 IP 交换技术）是相对于传统交换概念而提出的。传统的交换技术是在 OSI 网络标准模型中的第二层——数据链路层进行操作的，而三层交换技术是在网络模型中的三层即网络层实现了分组的高速转发。简单地说，三层交换技术就是二层交换技术加上三层转发技术。
- 三层交换的目标：在源地址和目的地址之间有一条更为直接的第三层通路，就没有必要经过路由器转发数据包。

- 三层交换技术的实现方法有以下两种：

( 1 ) 第一种是在交换机上增加三层转发模块，将路由的 3 个核心过程中的三层转发部分以硬件形式来实现，同时优化路径查询中的路由算法。

( 2 ) 第二种需要在交换机上加载三层转发模块，但其转发功能完全由硬件实现，其中包括 3 个核心过程中的路由查询、三层转发及多址广播等均由硬件实现。



# 3 . 交换式局域网的功能

- 相对于共享式局域网，交换式局域网的功能主要包括以下几个方面。

( 1 ) 隔离冲突域：在共享式以太网中，使用 CSMA/CD 算法进行介质访问控制，如果两个或多个站点同时发送，它们将发生冲突。在交换式局域网中，每个交换机端口就对应一个冲突域，端口就是冲突域终点，由于交换机具有交换功能，不同端口的站点之间不会产生冲突。

( 2 ) 扩展距离：交换机可以扩展局域网的距离。每个交换机端口可以连接不同的局域网，因此，每个端口都可以达到不同局域网所要求的最大距离，而与连接到其他交换机端口局域网的长度无关。

( 3 ) 增加信道总容量：交换机的每个端口具有专用容量，交换式局域网总容量随着交换机的端口数量而增加。所以交换机提供的数据传输容量比共享介质局域网大得多。



( 4 ) 数据传输率灵活性：对于共享介质局域网，不同局域网采用不同数据速率，但连接到同一共享式 LAN 的所有设备必须使用同样的数据速率。而对于交换式局域网，交换机的每个端口可以使用不同的数据率，所以可以以不同数据率部署站点，非常灵活。

# 4. 局域网交换机的主要工作方式

- 交换机有三种主要的工作方式。

(1) 直通式：直通方式的以太网网络交换机可以理解为在各端口间是纵横交叉的线路矩阵电话交换机。它在输入端口检测到一个数据包时，检查该包的包头，获取包的目的地址，启动内部的动态查找表转换成相应的输出端口，在输入与输出交叉处接通，把数据包直通到相应的端口，实现交换功能。





优点：由于不需要存储，延迟（ Latency ）非常小、交换非常快。

缺点：因为数据包的内容并没有被以太网交换机保存下来，所以无法检查所传送的数据包是否有误，不能提供错误检测能力；由于没有缓存，不能将具有不同速率的输入 / 输出端口直接接通，而且，当以太网网络交换机的端口增加时，交换矩阵变得越来越复杂，实现起来相当困难。

( 2 ) 存储转发式：是计算机网络领域应用最为广泛的方式，它把输入端口的数据包先存储起来，然后进行 CRC 检查，在对错误包处理后才取出数据包的目的地址，通过查找表转换成输出端口送出包。

优点：可以对进入交换机的数据包进行错误检测，尤其重要的是它可以支持不同速度的输入 / 输出端口间的转换，保持高速端口与低速端口间的协同工作。

缺点：存储转发方式在数据处理时延时大。



( 3 ) 自适应：交换机根据网络的状况自动更换数据交换方式。当网络性能好时，单位时间内出错的帧的概率小于某个阈值，采用直通的交换方式；当网络性能差时，单位时间内出错的帧的概率大于某个阈值，采用存储转发的交换方式。

特点：可以提高交换机的数据交换速率。

## 5 . 虚拟局域网技术

- 交换技术的发展允许区域分散的组织在逻辑上成为一个新的工作组，而且同一个工作组的成员能够改变其物理地址而不必重新配置节点，这就是用到所谓的虚拟局域网技术（ VLAN ）。
- 用交换机建立虚拟网就是使原来的一个大广播区（交换机的所有端口）逻辑地分为若干个子广播区，在子广播区里的广播只会在该广播区内传送，其他广播区是收不到的。



## 6 . 全双工以太网

当以太网发展到一定程度后，在系统带宽、系统跨

距等方面提出了更高的要求，全双工以太网的出现成功地解决了这些问题。

## 3.3.3 ATM 网络概述

- ATM（Asynchronous Transfer Mode，ATM）异步转移模式是由 CCITT 开发的一种局域网 / 广域网标准。该标准在网络互联操作性上已经获得广泛的认可。
- ATM 被认可主要与下列三个因素相关：
  - ① 它是为处理数据、音频和视频传输而设计的；
  - ② 它可用于 LAN 和 WAN 通信，因为在地理距离上存在着很大的灵活性；
  - ③ 它能满足高速通信要求。



- ATM 格式包称为信元（ cell ），一个 ATM 信元长度是固定的 53 字节，其中包括 5 字节的信元头（ header ）和 48 字节的信息域（ information field ），即用户数据。
- ATM 是一种以信元为信息传输和交换基本单位的快速分组交换技术。



● 交换技术允许网络处理不同类型的数据传送需求。与共享总线技术相比，ATM 交换的优点为以下几点：

1. ATM 交换使得数据能以与发送数据类型相应的访问速度传输；
2. ATM 允许使用高带宽；
3. 每个 ATM 连接（通信会话）都有自己的带宽；
4. ATM 定义的连接过程更加清楚，因为交换机是进行点到点处理的。



## 3.4 虚拟局域网

- 虚拟局域网（ Virtual Local Area Network ， VLAN ）是以局域网交换机为基础，根据功能、部门、应用等因素将设备或用户组成虚拟工作组或逻辑网段的技术，其最大的特点是在组成逻辑网时屏蔽了用户或设备在网络中的物理位置。
- VLAN 可以在一个交换机内或者跨交换机之间实现。

- 1996 年 3 月， IEEE 802 委员会发布了 IEEE 802.1Q VLAN 标准。该标准中对虚拟局域网（ VLAN ）是这样定义的：虚拟局域网是由一些局域网网段构成的与物理位置无关的逻辑组，而这些网段具有某些共同的需求特点，每一个 VLAN 的帧都有一个明确的标识符 VLAN ID ，指明发送这个帧的工作站是属于哪一个 VLAN 。



## 3.4.2 虚拟局域网的划分方法

- VLAN 的划分在以太网交换机上进行，划分的原则有以下四种。

(1) 基于交换端口的 VLAN：把局域网交换机的物理端口划分成若干个业务逻辑组，每个组定义成一个 VLAN。这些物理端口可以在单个交换机上，也可以跨越网内多台交换机。通过 VLAN 的划分，就在局域网上实现了用户的业务逻辑关系：同一个 VLAN 用户可以通信，不同的 VLAN 间用户不能通信。

( 2 ) 基于 MAC 地址的 VLAN : 这种方式的 VLAN 要求交换机对准备划分为同一个 VLAN 的各站点的 MAC 地址进行管理和跟踪, 当站点连接网内交换机任意端口, 这些站点自动成为该 VLAN 成员。VLAN 的划分可以在单台交换机上实现, 也可以跨越网内多台交换机。

这种划分方法优势是保障了 VLAN 用户的移动性  
业

务逻辑关系, 但划分工作烦琐。



( 3 ) 基于网络层协议的 VLAN : 这种划分 VLAN 的方法是根据每个主机的网络层地址或协议类型 ( 如果支持多协议 ) 划分的, 这种划分方法可以使广播域跨越多个 VLAN 交换机。

这种方法的优点是 VLAN 用户的移动性很强。

缺点

是安全性不够、效率低。



( 4 ) 基于 IP 组播的 VLAN： IP 组播属于广域网范畴，认为一个组播组逻辑上就是一个 VLAN，这种划分的方法将 VLAN 扩大到了广域网，因此这种方法具有更大的灵活性，而且也很容易通过路由器进行扩展，当然这种方法不适合局域网，主要是效率不高。



## 3.5 无线局域网

- 无线局域网 WLAN （ Wireless Local Area Networks ）是计算机网络与无线通信技术相结合的产物，是相当便利的数据传输系统。它利用射频（ RF ）技术，取代旧式的双绞铜线构成局域网络，提供传统有线局域网的所有功能，网络所需的基础设施不需再埋在地下或隐藏在墙里，也能够按需移动或变化。



- 无线局域网技术大致可分为三类：

窄频微波（ Narrowband Microwave ） 技术

扩（展）频（ Spread Spectrum ） 技术

红外线（ Infrared ） 技术



## 3.5.2 无线局域网标准

- 无线接入技术目前比较流行的有： 802.11 系列标准、蓝牙（ Bluetooth ）、 HomeRF （家庭网络）和 IrDA （ Infrared Data Association ， 红外线数据标准协会 ）。

# 1 . 802.11 标准

- 是无线网络技术发展中的一个里程碑。802.11 标准除了介绍无线局域网的优点及各种不同性能外，还使得各种不同厂商的无线产品得以互联。
- 该标准使核心设备执行单芯片解决方案，降低了无线局域网的造价。
- 802.11 标准的颁布，使得无线局域网在各种有移动要求的环境中被广泛接受。它是无线局域网目前最常用的传输协议。



## 2. 蓝牙

- 蓝牙（IEEE 802.15）是一项最新标准，对于 802.11 来说，它的出现不是为了竞争而是相互补充。蓝牙是一种近距离无线数字通信的技术标准，其目标是实现最高数据传输速度 1Mb/s（有效传输速率为 721Kb/s）、最大传输距离为 0.1 ~ 10m，通过增加发射功率可达到 100m。

### 3 . 家庭网络（ HomeRF ）

- HomeRF 主要为家庭网络设计，是 IEEE 802.11 与 DECT（数字无绳电话标准）的结合，旨在降低语音数据成本。HomeRF 也采用了扩频技术，工作在 2.4GHz 频带，能同步支持 4 条高质量语音信道。但目前 HomeRF 传输速率只有 1 ~ 2Mb/s，FCC 建议增加到 10Mb/s。



## 4 . IrDA

- IrDA 是一种利用红外线进行点对点通信的技术，其相应的软件和硬件技术都已比较成熟。
- 主要优点是：体积小、功率低，适合设备移动的需要；传输速率高，可达 16Mb/s；成本低，应用普遍。
- 缺点是：IrDA 是一种视距传输技术，IrDA 设备中的核心部件——红外线 LED 不是一种十分耐用的器件。

### 3.5.3 无线局域网的组网

- 无线局域网的设备主要包括无线网卡、无线访问接入点、无线 Hub 和无线网桥，几乎所有的无线网络产品中都自带无线发射 / 接收功能，且通常是一机多用。
- 无线局域网不论采用哪一种传输技术，其拓扑结构有两种基本类型：有中心拓扑和无中心拓扑。无中心拓扑又称为没有基础设施的无线局域网，也称为对等网络；有中心拓扑又称为有基础设施的无线局域网，也称为基础结构网络。



( 1 ) 对等网络 ：是最简单的无线局域网结构，采用点对点通信方式。对等网络通信中没有一个信号交换设备，网络通信效率较低，所以仅适用于较少数量的计算机无线互连。

这些计算机要有相同的工作组名、服务区别号（ Extended Service Set Identifier ， ESSID ）和密码。任何时间，只要两个或更多的无线接口互相都在彼此的范围之内，它们就可以建立一个独立的网络。

（ 2 ）基础结构网络 ：基础结构模式由无线中继站（如 AP、无线工作站、无线 Hub 和无线网桥等设备）及分布式系统（ Distribution System Services， DSS ）构成，覆盖的区域称为基本服务集（ Basic Service Set， BSS ）。无线工作站与 AP 关联采用 AP 的基本服务区标识符（ Basic Service Set Identifier， BSSID ）。



## 3.5.4 无线局域网特点及发展前景

无线局域网还不能完全脱离有线网络，它只是有线

网络的补充，而不是替换。首先，无线局域网产品比较昂贵，增加了组网的成本；其次，传输速率还比较慢，无法实现有线局域网的高带宽；无线局域网以空气为介质传输电磁信号，难免要受到外部其他电信号的干扰，给无线局域网通信的稳定性造成了很大的影响。