```
数据链路除物理线路之外必须有一些必要的通信协议来控制数据的传输
       最常用的方法是使用网络适配器来实现协议
         数据链路层的协议数据单元 ——帧
     网络层的协议数据单元——IP数据报(分组、包)
           数据链路层的三个基本问题:封装成帧、透明传输、差错检测
          封装成帧 (Framing): 在一段数据的前后分别添加首部和尾部
      每一种链路层协议都规定了所能传送的帧的数据部分长度上限:最大传送单元
                 MTU ( Maximum Transfer Unit )
       控制字符SOH (Start Of Header) 放在一帧的最前面,表示帧的首部开始
       控制字符EOT (End Of Transmission)放在一帧的最后面,表示帧的结束
         它们的编码分别是:01和04,二进制编码为0000001和00000100
      透明传输:在数据链路层透明传输数据表示:无论什么样的比特组合的数据,
               都能按照原样没有差错地通过这个数据链路层
      发送端的数据链路层在数据中出现的控制字符 "SOH"或 "EOT" 前面插入一
       个转义字符 "ESC" , 在接收端的数据链路层把转义字符删除后送往网络层
                 这种方法称为字节填充或字符填充
  差错检测:在一段时间内,传输错误的比特占所有比特总数的比率称为误码率(Bit Error Rate)
      目前在数据链路层广泛使用循环冗余检验CRC(Cyclic Redundancy Check)
     接收端对每一帧进行CRC检测的余数为0表示帧没有差错,若余数≠0,则丢弃这一帧
 数据链路层只能做到对帧的无差错接受:凡是接收端接受的帧,以非常接近于1的概率认为没有出错
           传输差错可分为两类:比特差错和帧丢失、帧重复、帧失序
        在数据链路层的CRC检验能够实现无比特差错的传输,但不是可靠传输
             过去OSI的观点是数据链路层必须向上提供可靠传输
    对于通信质量好的有线传输:不使用确认和重传机制,改正错误的任务由上层协议完成
    对于通信质量较差的无线传输:数据链路层协议使用确认和重传机制,向上提供可靠传输
点对点协议PPP (Point to Point Protocol)是目前使用得最广泛的数据链路层协议
    PPP协议是用户计算机和ISP进行通信使所使用的的数据链路层协议
                 简单:首要的要求
                    封装成帧
                   透明传输
      多种网络层协议:可以在同一条物理链路上支持多种网络层协议
                  多种类型链路
                    差错检测
                  连接状态检测
 最大传送单元:如果高层协议发送分组超过了MTU数值,则丢弃这个帧 ,返回差错
                  网络层地址协商
                  数据压缩协商
                 PPP协议的组成部分:
             ①一个将IP数据报封装到串行链路的方法
②一个用来建立、配置和测试数据链路链接的链路控制协议LCP (Link Control Protocol)
        ③一套网络控制协议NCP(Network Control Protocol)
          PPP帧的首部:四个字段
①F字段0x7E②A字段0xFF③C字段0x03④协议字段(两字节)
          即7EFF03 + 协议字段
         PPP帧的尾部:两个字段
①FCS字段是使用CRC的帧检测序列(两字节)②F字段0x7E
                  字节填充:适用于异步传输,逐个字符发送
                       转义字符被定义为0x7D
              ①把信息字段中的0x7E字节转为2字节序列(0x7D,0x5E)
透明传输
              ②把信息字段中的0x7D字节转为2字节序列(0x7D,0x5D)
                    零比特填充:一连串的比特连续传送
               适用于同步传输,发现5个连续的1,就在后面填入1个0
PPP协议的工作状态:用户拨号接入ISP后,建立了一条从用户个人电脑到ISP
的物理连接。PC向ISP发送一系列的链路控制协议LCP分组,建立LCP连接,
之后进行网络层配置,网络控制协议NCP给新接入的PC分配一个临时的IP地
址。
用户通信完毕后,NCP释放网络层连接,收回分配出去的IP地址。LCP释放数
据链路层连接,最后释放物理层连接。
      LCP链路终止
              链路静止
                           设备之间无链路
                物理层连接建立
      协商失败
              链路建立
                             物理链路
                LCP配置协商
        鉴别失败
               鉴别
链路终止
                             LCP链路
                 鉴别成功
                           已鉴别的LCP链路
             网络层协议
                NCP配置协商
      链路故障
                           已鉴别的LCP链路
              链路打开
      关闭请求
                             NCP链路
局域网具有广播功能,可以按照网络拓扑进行分类,大致可以分为:星形网、环形网、总线网
      动态媒体接入控制:随机接入和受控接入
      随机接入表示所有用户可随机地发送消息
受控接入表示用户不能随机地发送消息而必须服从控制,使用较少
        以太网的两个标准: DIX Ethernet V2 和 IEEE 802.3
其中IEEE 8.2把局域网的数据链路层分为逻辑链路控制层LLC和媒体接入控制层MAC
    适配器,又称网络接口卡NIC(Network Interface Card),简称网卡
 适配器和局域网的通信是串行传输,和PC的通信是通过主板上的I/O总线并行传输
           要对数据进行串并转换,对数据进行缓存
            适配器发送和接收数据帧时不使用CPU
计算机的硬件地址保存在适配器的ROM中,软件地址(IP地址)保存在计算机存储器中
      载波监听多点接入/碰撞检测CSMA/CD
 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
  无连接的工作方式:不必事先建立连接就可以发送数据
 发送的数据使用曼彻斯特编码,把每个码元分成两个相等间隔
  不管在发送前还是发送中,每个站都要不停地检测信道
      电磁波在1km电缆的传播时延约为5µs
     局域网分析时,单程端到端传播时延记为τ
  个站最多在两倍总线端到端传播时延2τ内确定是否发送碰
               撞
以太网不能保证某一时间之内一定能把自己的数据帧发送出去
       ,这一特点称为以太网的发送不确定性
  以太网的端到端往返时间2τ称为争用期,又称为碰撞窗口
以太网使用截断二进制指数退避算法来确定碰撞后重传的时机
     碰撞后会推迟一个随机的时间,再重新发送
 以太网基本退避时间为争用期,具体的争用期时间为51.2µs
 也就是512比特时间,从离散的集合{0,1,...,(2的k次方-1)}中
 随机取出一个数,记为r。重传应推后的时间是争用期的r倍
          k = min(重传次数,10)
    该退避算法使重传推迟的时间随次数增多而增大
   以太网规定一个最短帧长为64字节,也就是512bit
   如果发生碰撞,一定会发生在发送的前64字节之内
 凡是长度小于64字节的帧都是由于冲突而异常终止的无效帧
 当发送数据的站一旦发现了碰撞,除了立即停止发送数据外
      继续发送32bit或48bit的人为干扰信号
      以便让所有用户都知道现在发生了碰撞
          使用集线器的星形拓扑
    以太网:使用便宜灵活的双绞线,采用星形拓扑
         中心增加一个集线器(hub)
     10BASE-T标准: 10Mbit/s 基带信号 双绞线
  10BASE-T以太网的出现是局域网发展史上的一个里程碑
     从此以太网的拓扑从总线型变为了星形网络
 使用集线器的以太网在逻辑上仍然是一个总线网,各站共享逻
       辑总线,使用的还是CSMA/CD协议
 集线器工作在物理层,每个接口仅仅转发比特,没有碰撞检测
           以太网的信道利用率
        10Mbit/s的以太网代表以太网的
      数据发送速率为10Mb/s而不是传播速率
    发送一个帧需要的时间为TT = 帧长/发送速率
     成功发送一个帧需要占用信道的时间为T + T
           定义参数a a = \tau/T
         参数a的数值应当尽可能的小
    以太网的长度受到限制,以太网的帧长不能太短
           MAC层的硬件地址
    局域网中硬件地址又称为物理地址或MAC地址
 IEEE标准规定了48位(6字节)的全球地址,固化在ROM中
   局域网中的"地址"更准确的说是每个站的标识符
  6字节的地址字段可以使全球所有适配器拥有不同的地址
    48位地址又称EUI-48 EUI表示扩展的唯一标识符
       如果路由器同时连接在两个网络上
       它需要两个适配器,两个硬件地址
   适配器从网络上每收到一个MAC帧就先检查目的地址
     如果是发往本站的帧就收下,否则丢弃该帧
        以太网可以接收三种类型的帧
         单播帧(unicast):一对一
       广播帧(broadcast):一对全体
        多播帧(multicast):一对多
 以太网适配器可以设置为一种特殊的工作方式,即混杂方式
   该适配器只要听到有帧在以太网上传输就都接收下来
 网络工具嗅探器 (Sniffer) 就使用了混杂模式的网络适配器
            MAC帧的格式
 MAC帧由5个字段组成,分别为6字节的目的地址和源地址
      2字节的类型字段(标志网络层的协议)
     46-1500字节的数据段以及4字节的FCS序列
 曼彻斯特编码的重要特点是每个码元正中间有一次电压转换
  当发送方发送完一个以太网帧之后就不再发送其他码元
 接收方可以根据曼彻斯特编码特点很容易的找到帧结束位置
   这个位置往前数4个字节就是数据字段的结束位置
 当IP数据报的长度小于46字节时,MAC子层在数据段后面加
 入一个整数字节的填充字段,接收端的MAC子层在剥去首部
    和尾部后把数据字段和填充字段上交给上层协议
 上部的IP协议首部有一个总长度字段,就可以找到数据字段了
   在传输媒体上实际传送的MAC帧前面还多8个字节
 因为一个站开始接受MAC帧时,适配器时钟未与比特流同步
 包括两个字段:第一个字段是7字节的前同步码(1和0交替)
 使接收端的适配器在接收MAC帧时能够迅速调整时钟频率
  第二个字段是1字节的帧开始定界符,定义为10101011
      前六位和前同步码一样,最后是两个1
       该8字节数据块仅适用在异步传输中
  同步传输时双方的位同步一直保持着,不需要同步时钟
    以太网在传输帧时,各帧之间应当有一定间隔
 不需要适用帧结束定界符,也不需要字节插入保证透明传输
            扩展的以太网
    在网络层看来,扩展的以太网仍然是一个网络
  可分为在物理层扩展以太网和在数据链路层扩展以太网
在物理层扩展以太网使用集线器,利用光纤和光纤调制解调器
        来扩充主机和集线器之间的距离
如果使用多个集线器,可以连接成范围更大的多级星形以太网
 比如将3个独立的以太网通过主干集线器连接为一个以太网
   此时三个碰撞域变成一个碰撞域,最大吞吐量不变
如果不同的系统使用了不同的以太网技术,无法用集线器互联
         在数据链路层扩展以太网:
  最初使用网桥,后使用交换式集线器(switching hub)
   又称为以太网交换机,第二层交换机(L2 Switch)
       以太网交换机的实质是多接口网桥
   其每一个接口与一台主机或另一个以太网交换机相连
      一般工作在全双工模式下,具有并行性
     以太网交换机具有存储器,可以缓存数据帧
以太网交换机是一种即插即用设备,内部的帧交换表(地址表
       ) 是通过自学习算法自动建立起来的
    最大优点:用户通信时独占传输媒体带宽不共享
  不使用共享总线,没有碰撞问题不使用CSMA/CD协议
             高速以太网
           100BASE-T以太网
 在双绞线上传输100Mbit/s的基带信号,使用IEEE 802.3的
       CSMA/CD协议,称为快速以太网
        分为全双工模式和半双工模式
 因为速率变快,为了保持a的相对稳定,把网络电缆的长度减
   小到原来的1/10, 一般为100m 争用期变为5.12µs
            吉比特以太网
     允许在1Gbit/s下以全双工和半双工方式工作
       在半双工方式使用CSMA/CD协议
       全双工方式不使用CSMA/CD协议
       保持一个网段的最大长度为100m
    对于半双工方式,使用载波延伸和分组突发技术
  载波延伸(carrier extension): 使最短帧认为64字节
     但争用期被增大为512字节,不足则填充字符
  分组突发(packet bursting):当很多短帧要发送时
 第一个短帧采用载波延伸进行填充,后面的一个接一个发送
        只留有必要的帧间最小间隔即可
            10吉比特以太网
     只工作在全双工方式不使用CSMA/CD协议
         使用以太网进行宽带接入:
      把数据链路层两个成功的协议结合起来
     把PPP协议中的PPP帧封装入以太网中传输
        PPPoE ( PPP over Ethernet )
    光纤宽带接入FTTx都使用PPPoE的方式进行接入
```

数据链路层讨论的问题是局域网内分组怎样从一台主机传送到另一台主机 网络层讨论的问题是多个网络互连的问题 , 局域网属于数据链路层范围