第3章数据链路层

* 前言
  + 网络中的主机、路由器等都必须实现数据链路层；局域网中的主机、交换机等都必须实现数据链路层
  + ﻿数据链路层有两种信道：点对点信道、广播信道。  
    前者需要研究一对一的点到点通信，后者需要研究解决在共享信道上的碰撞问题。
* ﻿﻿数据链路层的几个共同问题
  + ﻿封装成帧：用定界符
  + ﻿透明传输
    - ﻿解决数据部分有数据与定界符重合的问题
    - ﻿可靠传输的要求：无比特错、无传输错（重复、丢失、失序）
  + 差错检测
    - ﻿循环冗余 CRC 原理（计算 FCS 的值）
    - ﻿﻿CRC 和 FCS 的区别
* 点对点的数据链路层（PPP协议）
  + ﻿﻿PPP 的特点：简单、不纠错、无序号、无流量控制、不支持多点线路、只支持点到点、只支持全双工
  + ﻿﻿PPP帧的格式P81
  + ﻿﻿字节填充（异步传输，逐个字符传送）、零比特充（同步传输，一连串的比特连续传送）
* ﻿﻿使用广播信道的数据链路层
  + ﻿﻿局域网/以太网
    - ﻿特点：为一个单位所拥有，地理范围和站点数目有限。（但注意，范围只是一项，真正区分局域网的是组网使用的协议、设备等）
    - ﻿优点：广播功能，从一个站点可方便地访问全网；便于扩展和演变，设备的位置灵活；提高了系统的可靠性、可用性、生存性。
    - ﻿拓扑：星形（集线器，hub）、总线型（传统的以太网，10Mbps）、环形
    - ﻿紫常用的以太网速率：1Gbps（家用，中小型企业），10Gbps（数据中心），100Gbps（长距离传输）
    - 常用媒介：双绞线（原来 1-2Mbps 的低速基带局域网
    - 局域网，现在10Mbp产10Gbps 均可用），光纤（更高数据率）
    - ﻿局域网工作的层次跨越了数据链路层和物理层。
  + ﻿﻿共享信道：
    - ﻿产生的问题：多个设备同时在广播信道上同时发送数据，则会造成彼此干扰，导致发送失败。
    - ﻿信道划分：
    - ﻿静态划分信道：频分复用、时分复用、波分复用、码分复用等，代价高，不适合于局域网
    - ﻿动态媒体接入控制：又称多点接入，不是在用户通时固定分配信道
      * ﻿随机接入：随机发送信息，容易碰撤，必须有解决碰撞的协议【以太网】
      * 受控接入：不能随机发送，需退循一定的控制。【令牌网、多点线路探询/轮询】本书不讨论。
  + ﻿﻿以太网的两个标准
    - ﻿﻿DIX Ethernet V2：第一个局域网产品的规约；  
      1980.9，三家公司联合提出V1版，在1982年改为第2版；目前使用最多
    - ﻿﻿IEEE802.3：数据率为10Mbps，第一个IEEE的以太网标准。
    - ﻿将局域网的链路层拆分成两个子层：逻辑链
      * 缺
  + ﻿适配器
    - ﻿网络接口卡NIC/网 ：独立、集成
    - ﻿装有处理器和存储器
      * ﻿完成串行和并行转输方式的转换：通信时，与电缆/双绞线间以串行传输方式；与主机间通过1/0总线以并行传输方式。
      * ﻿网络上的数据率与计算机总线上的数据串不同，需进行缓存
    - ﻿需在 OS 中安装设备驱动程序
    - ﻿实现以太网协议：丢弃有差错的帧：将收到的正确帧通过中断通知计算机，交付给网络层：计算机将要发送的IP数据报通过协议找向下交给适配器，组装成帧后发送到局域网
    - ﻿每块网卡有 MAC地址，存储在适配器的 ROM中，主机接入网络需要的IP地址存储在主机的存储器中。
    - ﻿作用/功能 P86
* CSMA/CD 协议：载波监听多点接入/碰撞检测协议
  + ﻿﻿无线网络中用的 CSMA/CA 叫载波监听多点接入/冲突避免协议
  + ﻿最早的以太网，将许多计算机连接在一根总线上
    - ﻿一对多通值的实现：一台主机发送数据，总线上所有的主机都能检测到（广播）
    - ﻿一对一通信的实现：发送数据帧时，在帧的首部写明接收方的MAC地址，收到数据帧的主机将该MAC地址与自己的 MAC地址对比，相同则收下，不相同则丢弃。
  + ﻿前提：为便于通信，以太网采取的2种重要指施
    - ﻿采用灵活的无连接的工作方式
      * ﻿数据帧不编号、不要求对方确认（基于通信信道质量好、差错概率小）——尽最大努力的交付，不可靠交付
      * ﻿采用最简单的随机接入，利用 CSMA/CD 协议減少冲突发生的概率
    - ﻿发送的数据都使用曼彻斯特编码
      * ﻿﻿提取位同步信号方便
      * ﻿所占的频带宽度比原始的基带信号增加了一倍
  + ﻿CSMA/CD 的要点：（归纳内容在P92页）
    - ﻿多点接入——说明是总线型网络
    - ﻿载波监听——边发送边监听，无论是发送前，还是发送中，每个站均不停检测信道
    - ﻿碰撞检测——多个站同时发送数据会导致总线上的信号电压变化幅度增大，适配器边发送数据边检测信道上的信号电压的变化情况，检测到信号电压变化幅度超过一定的门限值时，即认为发生碰撞/冲突，则停止发送数据，等待一段随机时间后再次发送
      * 为什么有了载波监听还有可能检测到碰撞？
        + 原因见图，信号的传时延对载波监听产生了影响，使得每个站在自己发送数据之后的一小段时间内，存在遭遇碰撞的可能性（发送的不确定性——以太网不能保证在检测到信道空闲后的某一个时间内，一定能把自己的数据帧成功地发送出去。）
        + 如图，A在2τ-δ后检测到碰撞，δ取0时，A最迟在2τ检测到碰撞。由于局域网中任意两个站之间的传播时延长短不一，因此从最坏的情况出发，τ取总线两端两个站之向的传播时延。
        + ﻿CSMA/CD 协议下的以太网只能是双向交替通信（半双工），不能一边发送数据一边接收数据，但得边发送边监听。
      * 什么时候知道数据可以成功发送？
        + ﻿越早知道碰撞越好，但最迟2τ知道碰撞，取2τ为争用期（碰撞窗口），即经过急用期这个时间段都没有检测到碰撞，可以肯定这次发送不会发生碰撞。
        + ﻿争用期：10Mbps 的网络的争用期为512 比特时间。（计算）
        + ﻿最短帧长：10Mbps 的网络的最短帧长为64字节。（计算）
      * ﻿强化磁撞：检测到冲突（碰撞）要立即中止发送，并继续发送32 比特或48比特的人为干扰信号强化碰撞。
      * ﻿碰撞后的重传——截断二进制指数退避（计算）
        + ﻿算法：发生碰撞的站停止发送数据后，要退避一个随机时间后再发送数据。

﻿基本退避时间 =2τ

﻿从整数集合[0，1，…,(2k-1)]中随机地取出一个败，记为r．重传所需的时延=r ✖ 基本退避时间。参数k = Min［重传次数，10］

﻿当重传达 16 次仍不能成功时即丢弃该帧，并向高层报告。

* + - * + ﻿该算法可使重传要推迟的平均时间随重传次数而增大（称为动态退避），因而减小发生碰撞的概率，有利于整个系统的稳定。
      * 帧间的最小向隔：10Mbps 的网络里为96比特时间
* 以太网的MAC层P95
  + 硬件地址/MAC地址：48位，组织唯一标识符+扩展标识符，具体的组成说明见 P96
  + 0三种帧：单播、广播、多播
  + 0以太网V2的MAC帧格式 P98
  + 0无效的 MAC 帧 P99
* ﻿冲突域（碰撞域）和广播域
  + ﻿碰撞域（collision domain）又称为沖突城，指网络中一个站点发出的帧会与其他站点发出的帧产生碰撞或冲突的那部分网络。碰撞域越大，发生碰碰撞的概率越高。
  + 广播域 （broadcast domain）：指这样一部分网络，其中任何一台设备发出的广播通信都能被该部分网络中的所有其他设备所接收。
  + ﻿一个集线器就是一个广播域、一个碰撞域/冲突域，一个交换机是一个广播域，但冲突域限制在各个接口
* ﻿集线器和交换机对比
  + ﻿集线器 P93、交换机 P101
  + ﻿集线器工作在物理层，交换机工作在数据链路层
  + ﻿集线器为中心节点构成的以太网，看起来是星型，本质上是总线型，使用CSMA/CD 协议工作，半双工：
  + ﻿﻿交换机为中心节点构成的以太网是星型，不使用CSMA/CD，全双工，仍使用以太网的帧结构
  + ﻿集线器是共享带宽，交换机是独享带究
  + P102，以太网交换机的自学习功能——生成交换表
* 虚拟局域网 VLAN
  + 把一个较大的局域网，分割成一些较小的局域网，每一个局域网就是一个广播域（解决广播风暴）
  + 只是局域网给用户提供的一种服务，并不是一个新型的局域网
  + VLAN 的划分：
    - 有多种方法
    - 实验里用的是基于端口的划分，一个虚拟局域网可以跨越不同的交换机。
  + 汇聚链路/干线链路
* 涉及的计算：3-07/08、3-9/10、3-20、3-22、3-27/30/31/32、3-33