

数据链路层

数据链路层在物理层提供服务的基础上向网络层提供服务。主要作用是加强物理层传输原始比特流的功能，将物理层可能出错的物理连接改造为逻辑上无差错的数据链路，使之对网络层表现为一条无差错的链路。

为网络层提供服务

- 无确认的无连接服务 — 对丢失的帧，数据链路层不负责重发而交给上层处理
- 有确认的无连接服务 — 接收到数据要发回确认
 - 规定时间内未收到确定信号，重传
- 有确认的面向连接的服务 — 建立数据链路、传输帧、释放数据链路
- 不存在无确认面向连接的服务

链路管理

数据链路层的建立、维持和释放过程称为链路管理。

帧定界、帧同步与透明传输

- 将网络层的分组封装成帧，以帧的格式进行传输。将一段数据的前后分别添加首部和尾部，就构成了帧。
—— 帧长等于数据部分加上首部和尾部的长度。
- 帧同步指的是接收方应能从接收到的二进制比特流中区分出帧的起始与终止。
- 透明传输是指不管所传数据是什么样的比特组合，都应当能在链路上传送。

流量控制

限制发送方的数据流量，使其发送速率不超过接收方的接收能力。

差错控制

循环冗余校验发现位错，自动重传请求重传出错的帧

组帧

- 字节计数法 — 在帧头使用一个技术字段标明帧内字节数。
- 字节填充的首尾定界符法 — 控制字符SOH放在帧的最前面，控制字符EOT表示帧的结束。
 - 在特殊字符前面添加转义字符ESC来区分。接收方会删除这个插入的ESC字符。
- 零比特填充的首位标志法 — 在连续的5个1时，插入一个0
- 违规范码法 — 曼和斯特编码的方法将数据比特1编码成高-低电平对，将数据比特0编码成低-高电平对，而高-高电平对和低-低电平对在数据比特中是违规的。

循环冗余码

- 给出多项式G(x)，G(x)有r位，那么将传输数据左移r+1位，再对G(x)取余数，得到的数加上M，进行传输
- 取得数字，对多项式进行模除，如果余数为1，那么出错；如果余数0，那么没错。

CSMA协议

- 1-坚持CSMA
- 一个结点要发送数据时，首先监听信道。如果信道空闲，那么立即发送数据；如果信道忙，那么等待，同时监听信道直至信道空闲；如果发生冲突，那么随即等待一段时间后，再重新开始监听信道。

CSMA/CD协议

- 载波监听多路访问/碰撞检测 (CSMA/CD) 协议适用于总线型或半双工网络环境。
 - 以太网端到端往返时间2t称为争用期（冲突窗口或碰撞窗口），只有经过争用期这段时间还未检测到碰撞时，才能确定这次发送不会发生碰撞。
 - 最短帧长。在争用期内如果检测到碰撞，站点就会停止发送。此时已发送出去的数据一定小于最短帧长，因此凡长度小于这个最短帧长的帧都是由于冲突而异常中止的无效帧。
—— 最小帧长=总线传播时延*数据传输速率*2
 - 以太网争用期51.2us。对于10Mbps的以太网，在争用期内可发送512bits
- 载波监听是指每个站点在发送前和发送中都必须不停地检测信道。在发送前检测信道是为了获得发送权。在发送中检测是为了及时发现发送的数据是否发生了碰撞。
- 碰撞检测就是边发送边监听。如果监听到了碰撞，则立即停止数据发送，等待一段随机时间后，重新开始尝试发送数据。
- 先听后发，边听边发，冲突停发，随即重发

- 确定基本退避时间。一般取两倍的总线端到端时延2t
- 定义参数k为重传次数，k一般不超过10，k=重传次数，10
- 从离散的非负整数集合{0,1,...,2^k-1}中随机取出一个数j，重传所需退避时间就是j倍的基本退避时间，即2jt
- 16次重传仍不成功时，抛弃此帧向高层报告出错

局域网 (Local Area Network, LAN)

- 在较小的地理范围内，将各种计算机、外部设备和数据库系统等通过双绞线、同轴电缆等连接介质互相连接起来，组成资源和信息共享的计算机互联网络。
 - 为一个单位所拥有，且地理范围和站点数量均有限
 - 所有站点共享较高的总带宽
 - 较低的时延和较低的误码率
 - 各站为平等关系而非主从关系
 - 能进行广播和组播
- 三个因素决定特性
 - 传输介质
 - 星型结构
 - 环形结构
 - 总线型结构
 - 星型和总线型结合的复合型结构
 - 双绞线 — 主流传输介质
 - 铜缆
 - 光纤等多种传输介质
 - 介质访问控制方式
 - 最重要，决定局域网的技术特性
 - CSMA/CD
 - 令牌总线
 - 令牌环
- 三种局域网
 - 以太网 — 逻辑拓扑是总线型，物理拓扑是星型或环型星型结构
 - 令牌环 — 逻辑拓扑是环形结构，物理拓扑是星型结构
 - FDDI — 逻辑拓扑是环形结构，物理拓扑是双环结构
- IEEE802标准局域网参考模型对应于OSI参考模型的数据链路层和物理层，并将数据链路层拆分为两个子层：LLC子层和MAC子层。
 - 与接入传输媒体有关的内容都放在MAC子层。它向上层屏蔽对物理层访问的各种差异，提供对物理层的统一访问接口。主要功能包括：组帧和拆卸帧、比特传输差错检测、透明传输。
 - LLC子层是与传输媒体无关。它向网络层提供无确认无连接、面向连接、待确认无连接、高速传输4种不同的连接服务类型。
- IEEE802.3是一种基于总线型的局域网标准，它描述物理层和数据链路层的MAC子层的实现方法。
 - 以太网简化通信：
 - 采用无连接的工作方式。即发送的数据帧编号，也不要求接收方发回确认，尽最大努力交付数据（不可靠服务），差错的纠正由高层完成。
 - 使用曼彻斯特编码，每个码元的中间都有一次电压转换，接收方利用这种电压转换方便地由位同步信号中提取出来。
 - 传输介质
 - 粗缆
 - 细缆
 - 双绞线
 - 光纤
 - 计算机与外界局域网的连接通过主机箱内插入一块网络接口卡【网络适配器 (Adapter) 或网络接口卡 (Network Interface Card, NIC) 】实现。
 - 10BASE-T非屏蔽双绞线以太网拓扑结构为星型网，星形网中心为集线器，但使用集线器的以太网在逻辑上仍然是一个总线型网，属于一个冲突域。
 - 有处理器和存储器，是工作在数据链路层的网络组件。
 - 串行和局域网通信并行与计算机通信
 - 实现与局域网传输介质之间的物理连接和电信号匹配
 - 帧的发送与接收、帧的封装与拆封、介质访问控制、数据的编码与数据的解码、数据的缓存功能
 - 有唯一的代码，介质访问控制地址 (MAC地址)
- 以太网与IEEE802.3
 - 每块网卡中的MAC地址也称物理地址；MAC地址长6字节，一般由用字符分隔的12个十六进制数表示
 - MAC帧
 - 前导码：使接收端与发送端时钟同步。在帧前插入的8个字节可再分为两个字段：
 - 前7个字节，是前同步码，用来快速实现MAC帧的比特同步
 - 第二个字段是帧开始定界符
 - MAC帧不需要结束符，因为以太网在传送帧时，各帧之间必须有一定的间隔。
—— 但是以太网的MAC帧需要尾部，是在数据链路层的。
 - 地址：6个字节 (MAC地址)
 - 类型：2字节，指出数据域中携带的数据交给哪个协议实体处理
 - IPv4: 0x0800
 - ARP: 0x0806
 - PPoE: 0x8864
 - 802.1Q tag: 0x8100
 - IPv6: 0x86DD
 - MPLS Label: 0x8847
 - 数据：46-1500字节，包含高层的协议信息。数据少的时候，要填充到46字节。
 - 校验码：FCS，从目的地址段到数据段的末尾，32位循环冗余码 (CRC)，除了前导码都要校验。
 - 不含前导码时，最短64B，最长1518B — [6.2,x.4]
 - 高速以太网
 - 100Mb/s基带信号的星型拓扑结构以太网，使用CSMA/CD协议。
 - 全双工，半双工
 - 最大电缆长度100m
 - 帧间隔0.96us
 - 最短帧长不变
 - 吉比特以太网 — 1Gb/s，CSMA/CD协议
 - 全双工，半双工
 - 10吉比特以太网 — 10Gb/s
 - VLAN
 - 虚拟局域网 (Virtual LAN)，可以把一个较大的局域网分割成一些较小的与地理位置无关的逻辑上的VLAN，而每个VLAN是一个较小的广播域。
 - 802.3ac标准定义了支持VLAN的以太网帧格式的扩展。它在以太网帧中插入一个4字节的标识符 (源地址字段和类型字段之间)，称为VLAN标志，用来指明发送该帧的计算机属于哪个虚拟局域网。

广域网

- 广域网通常是指覆盖范围很广的长距离网络。广域网是因特网的核心部分，其任务是长距离运送主机所发送的数据。连接广域网各结点交换机的链路都是高速链路，它可以长达几千千米的光缆线路，也可以是长达几万千米的点对点卫星链路。
- 广域网由一些结点交换机及连接这些交换机的链路组成。
 - 结点交换机的功能是将分组存储并转发。结点之间都是点对点连接，但为了提高网络的可靠性，通常一个结点交换机往往与多个结点交换机相连。
 - 从层次上考虑，广域网和局域网的区别很大。因为局域网使用的协议主要在数据链路层（少量在物理层），而广域网使用的协议主要在网络层。
- 常见的两种广域网数据链路层协议
 - PPP协议
 - HDLCL协议
- 是使用串行线路通信的面向字节的协议，该协议应用在直接连接两个结点的链路上。
 - 三个组成部分：
 - 链路控制协议 (LCP)，用于建立、配置、测试和管理数据链路。
 - 网络控制协议 (NCP)，PPP协议即同时采用多种网络层协议，每个不同的网络层协议使用一个相应的NCP来配置，位网络层协议建立和配置逻辑链接。
 - 一个将IP数据报封装到串行链路的方法。IP数据报在PPP帧中就其信息部分，这个信息部分的长度受最大传送单元 (MTU) 的限制。
 - 帧格式：
 - 标志字段 (F)：1个字节，7E (011111110) — 头尾各一个
 - 地址字段 (A)：1个字节，0xFF
 - 控制字段 (C)：1个字节，0x03
 - 协议段：2个字节
 - IP数据报：0x0021
 - PPP链路控制数据：0x0021
 - 网络控制数据：0x0021
 - 鉴别数据：0x0023
 - 信息段：0-1500字节 — 信息段中出现和标志字段一样的比特组合时，必须使用转义字符7D字符填充
 - 帧检验序列 (FCS)：2个字节 — 检验包括地址字段、控制字段、协议字段和信息字段
 - [1,1,1,2,x,2,1] — 最长1508B
 - 点对点的，不是总线型，无须CSMA/CD协议，没有最短帧
 - 建立、使用、撤销的状态图
 - P118，书本52
 - 当线路处于静止状态时，不存在物理连接。
 - 当线路检测到载波信号时，建立物理连接，线路变为建立状态。
 - 此时LCP开始协商，商定成功后就进入身份验证状态。
 - 身份验证通过后，进入网络层协议状态。
 - 这时，采用NCP配置网络层，配置成功后，进入打开状态，然后就可以进行数据传输。
 - 当数据传输完成后，线路将终止状态。载波停止后则回到静止状态。
 - 特点
 - PPP提供差错检测但不提供纠错功能，只保证无差错地接收（硬件CRC校验），是不可靠的传输协议，不使用序号和确认机制。
 - 仅支持点对点的链路通信，不支持多点线路
 - PPP仅支持全双工线路。
 - PPP两端可以使用不同的网络层协议，但仍然可使用同一个PPP进行通信。
 - PPP面向字节，当信息字段出现和标志字段一样的比特组合时，PPP有两种不同的处理方法：若PPP用在异步线路（数），则采用字符填充法；若PPP用在SONET/SDH等同步线路，则协议规定采用硬件来完成比特填充。

数据链路层设备

- 网桥 — 两个或多个以太网通过物理连接后，就成为一个覆盖范围更大的以太网，而原来的每个以太网就称为一个网段。网桥工作在数据链路层的MAC子层，可以使以太网各网段称为隔离开的碰撞域。
- 局域网交换机 — 实际上是一个多端口的网桥，工作在数据链路层，以太网交换机的每个端口都直接与本站主机或另一个交换机相连，通常都工作在全双工方式。
 - 一个用户在通信时是独占而不是和其他网络用户共享传输媒体的带宽，因此拥有N个端口的交换机总容量N*10Mbps。
- 交换机的自学习功能和算法 — 会做

介质访问控制

- 频分多路复用 (FDM) — 将多路基带信号调制到不同频率载波上，再叠加形成一个复合信号的多路复用技术。
- 时分多路复用 (TDM)
 - 将一条物理信道按时间分成若干时间片，轮流地分配给多个信号使用。
 - 统计时分多路复用 (STDM，异步时分多路复用)，不固定分配时隙，按需动态地分配时隙。
- 波分多路复用 (WDM) — 光的频分多路复用，再一根光纤中传输多种不同波长（频率）的光信号，由于光波长（频率）不同，各路光信号互不干扰，最后再用波长分解复用器将各路波长分解出来。
- 码分多路复用 (CDM)
 - 采用不同的编码来区分各路原始信号的一种复用方式，与FDM/TDM不同，它既共享信道的频率，又共享时间。
 - 也叫码分多址 (Code Division Multiple Access, CDMA)，原理是每个比特时间再划分成m个短的时间槽，称为码片。
 - 使用内积判断，内积S=S*1，S*1 S*1，S*T=0。如果A发送了1，那么S (S*T)=1，如果A发送了0，那么S (S*T)= -1