

数据链路层

功能

- 为网络提供服务
 - 无确认的无连接服务（如以太网）
 - 有确认的无连接服务（如无线通信）
 - 有确认的面向连接服务（可靠性要求较高的场所）
- 链路管理
 - 帧定界——确定帧的界限
 - 帧同步——区分帧的起始和终止
 - 透明传输——不管什么样的数据都可以在链路上传输
- 流量控制
 - 实际上是限制发送方的流量
 - 数据链路层上控制相邻结点间的流量（传输层控制的是端到端的流量）
- 差错控制
 - 位错——循环冗余校验CRC
 - 帧错
 - 丢失
 - 重复
 - 失序

定时器/编号

组帧

- 字符计数法——在帧头部使用一个计数字段来标明帧内字符数（长度包括自身）
- 字符填充的首尾定界符法——用特定字符（起始/结束/转义）
- 特定比特模式表示开始和结束，所以数据中连续5个1就要加0
- 违规编码法——4B/5B

差错控制

- 检错编码
 - 奇偶校验码
 - 奇校验（码字中1的个数为奇数个）
 - 偶校验
 - 循环冗余码CRC
 - 规定多项式作为被除数
 - 被除数添加多项式最高项次数个0，余数就是帧检验序列FCS，添加到数据后（如果算出来的冗余码长度小于最高次项个则在前面添加0）
 - 接收方根据规定多项式除，整除则代表没有差错
- 纠错编码
 - 海明码（只能纠正一位差错）
 - 纠错d位，需要码距2d+1
 - 检错d位，需要码距d+1

A的ASCII在十进制是65

海明距离是指相同位置上不同的字符的个数

纠错/检错的核心概念是冗余

海明码的位数(n为有效信息位数、k为校验位的位数) $n+k \leq 2^k - 1$

流量控制和可靠传输机制

- 流量控制、可靠传输和滑动窗口机制
 - 停止-等待流量控制原理
 - 滑动窗口流量控制原理
 - 可靠传输机制
 - 确认
 - 超时重传
 - 自动重传请求ARQ
 - 停止-等待ARQ
 - 后退N帧ARQ
 - 选择性重传ARQ
- 单帧滑动窗口和停止-等待协议
 - 发送窗口=接收窗口=1
 - 发送的帧用0/1来标识
- 多帧滑动窗口和后退N帧协议（GBN）
 - $1 \leq \text{发送窗口} \leq 2^n - 1$ 接收窗口=1
 - 只能按序接收
 - 累计确认（ACKn表示前n个帧已正确接收，期待接受编号n+1的帧）
- 多帧滑动窗口和选择重传协议SR
 - 发送窗口和接收窗口均大于1
 - 接收窗口WR + 发送窗口WT $\leq 2^n$
 - 接收窗口应小于发送窗口（所以最大为 2^{n-1} ）
- 信道利用率
 - 是对发送方而言的，指发送方在一个发送周期的时间内，有效地发送数据所需要的时间占整个发送时间的比率
 - 发送周期T：发送方从发送数据到收到第一个确认帧为止

TDM技术

使用TDM技术

包含24路语音信道

介质访问控制

- 静态划分信道——信道划分介质访问控制
 - 频分多路复用FDM——共享时间不共享空间
 - 时分多路复用TDM
 - 共享空间不共享时间
 - 同步时分多路复用——静态分配时间片
 - 异步时分多路复用——动态分配时间片
 - 波分多路复用WDM
 - 码分多路复用CDMA——共享时间和空间
 - 码分多址CDMA
 - 信道中各个码片序列要两两正交（规格化内积为0）
 - 在码片序列被指定后如果要发送数据
 - 发送比特1即发送序列
 - 发送比特0即发送序列的反码
- 动态分配信道
 - ALOHA
 - 纯ALOHA——站点可不检测即发数据，冲突则等待一段时间重传，直至成功
 - 时隙ALOHA——？
 - CSMA
 - 1-坚持CSMA——忙？等待且继续监听：发送概率为1（即立即发送数据）
 - 非坚持CSMA——忙？放弃监听并等待一个随机时间：立即发送
 - p-坚持CSMA——忙？继续监听：以p概率发送数据，1-p概率推迟到下一个时隙
 - CSMA/CD
 - 先听后发，边听边发，冲突停发，随机重发
 - 争用期2tau（冲突窗口/碰撞窗口）（以太网51.2us）
 - 最小帧长 = 总线传播时延 * 数据传输速率 * 2（以太网64B）
 - 二进制指数退避算法
 - 重传次数 = min[重传次数, 10]
 - 重传16次则不可达
 - CSMA/CA（无线）
 - 不用碰撞检测，而是碰撞避免——需要对数据帧进行确认
 - 避免冲突的三种方法
 - 帧间间隔
 - 竞争窗口
 - 确认
- 轮询访问控制——令牌传递协议
 - 令牌（一种特殊的帧）
 - 不会发生冲突
 - 逻辑上是一个环，物理上不必
 - 适合负载高，不共享时间和空间

Token Ring介质访问控制子层与物理层规范：802.5

局域网LAN

- 基本概念
 - 特性
 - 拓扑结构
 - 星形（以太网物理上结构）
 - 环形
 - 总线形（以太网逻辑上的结构）
 - 星形和总线形结合的复合型
 - 传输介质
 - 双绞线（主流传输介质）
 - 铜缆
 - 光纤
 - 介质访问控制方式
 - IEEE802
 - 逻辑链路控制子层LLC——提供对网络层的服务
 - 媒体访问控制子层MAC——提供对物理层的服务
 - 传输介质和网卡
 - IOBASE-T
 - IOBASE-FL
 - ...见P105
 - 网卡
 - 数据链路层的网络组件
 - 有一个介质访问控制MAC地址
 - 以太网（802.3）
 - MAC帧
 - 长度6字节（用连字符/冒号表示）
 - 非数据字段
 - 目的地址6B
 - 源地址6B
 - 类型2B
 - 校验码FCS 4B
 - 数据字段——46B-1500B
 - 高速以太网（速率大于等于100Mb/s）
 - 100BASE-T以太网
 - 100Mb/s
 - 全双工/半双工
 - 吉比特以太网（千兆以太网）
 - 1Gb/s
 - 全双工/半双工
 - 10吉比特以太网
 - 10Gb/s
 - 仅全双工
 - 逻辑：总线 物理：星型
 - 最常用的传输介质——双绞线
 - 以太网两个标准
 - DIX Ethernet V2
 - IEEE 802.3
 - 802.11
 - 采用CSMA/CA作为多路访问协议
 - 帧的类型
 - 控制帧
 - 数据帧
 - 管理帧
 - 无线局域网存在的问题
 - 隐藏站点问题
 - 暴露站点问题
 - 两个MAC子层
 - 点协调功能子层PCF——使用轮询访问控制
 - 分布式协调功能子层DCF——使用CSMA/CA

802系列

- 802.3——使用CSMA/CD
- 802.4——TOKEN BUS-令牌总线
- 802.5——TOKEN RING-令牌环
- 差分曼彻斯特编码
- 802.11——无线局域网CSMA/CA

以太网使用1-持续CSMA/CD方法

FDDI——编码技术

NRZ

4B/5B

VLAN

- 不同VLAN之间通过中继端口来互相通信
- 三层交换机使用网络层地址进行转发，根据MAC地址交换
- 划分方法
 - 静态划分——按端口划分

广域网

- 基本概念
 - 适用于高速链路
 - 结点交换机——单个网络中转发分组
 - 路由器——多个网络中转发分组
- PPP
 - 面向字节的数据链路层协议
 - 只支持全双工
- HDLC
 - 面向比特的数据链路层协议（不属于TCP/IP，是ISO制定的）
 - HDLC帧
 - 信息帧
 - 监督帧
 - 无编号帧
 - 差错控制
 - GBN
 - SR
- 发生死锁的情况
 - 直接死锁
 - 重装死锁

数据链路层设备

- 网桥
 - 隔离冲突域
 - 自学习算法
- 交换机
 - 多端口网桥
 - 不共享带宽
 - 也叫以太网二层交换机

带宽分配与设备（待考证）

- 平分——集线器
- 独享——路由器
- 交换——交换机