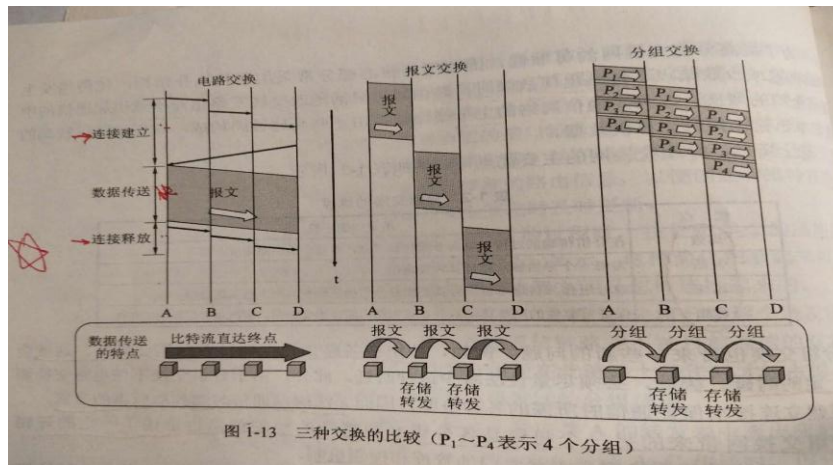


网络路由传输数据报文: (数据传输时间远大于连接建立时间)

1. 电路交换: 从起点终端、中间路由节点、目标终端, 始终占用连接带宽
2. 报文交换: 相邻节点完成传输即断开连接, 继续进行下一个节点的传输
3. 分组交换: 将报文分组进行传输, 相邻节点每次传输一个组 (丢包的由来)



**物理层:** 调制信号 (波形)

调制解调器

信道复用

**数据链路层:** 封装成帧, 透明传输, 差错检测 (帧的传输)

1. 点对点信道: 一对一, 常用于广域网, 使用 PPP 协议
2. 广播信道: 一对多, 常用于局域网, 使用 CSMA/CD 协议

MAC 地址

适配器、转发器、集线器、网桥、以太网交换机

**封装成帧:**

帧的数据部分 (IP 数据报, 分组)、帧首部、帧尾部 (用来验证是否为一个完整的帧)。

**透明传输:**

处理数据部分, 使其中不会出现控制字符 (帧首部和帧尾部)。

在数据部分出现控制字符时, 使用字节 (符) 填充来解决, 即在对应字符前面插入转义字符 “ESC” (16 进制: 1B, 二进制: 00011011), 接收端接收后将 “ESC” 删除后再送往网络层。

**差错检测:**

比特差错: 指比特在传输过程中可能会产生的差错, 如 0 变成 1。

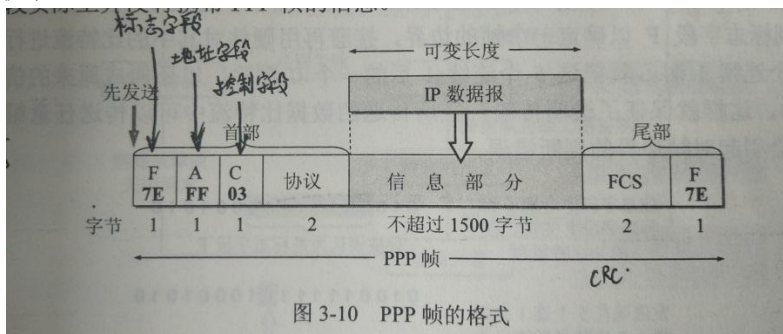
为了处理比特差错, 广泛的使用了循环冗余检验 CRC 的检错技术, 即在发送端计算出冗余码 (称为帧检验序列 FCS) 添加在数据后, 接收端接受到数据后进行 CRC 检验。

FCS 的生成及 CRC 检验都是由硬件完成, 速度快, 不会延误数据的传输。

CRC 检错仅能做到对帧的无差错接受, 无法处理帧丢失、帧重复、帧失序等情况。

对于通信线路质量较差的链路（无线传输），数据链路层增加了帧编号、确认和重传机制（收到正确的帧后向发送端发送确认，发送端在一定时间未收到确认消息，则重新发送），以数据链路层来向上提供可靠传输的服务；对于通信线路质量良好的链路，改正错误的任务就由上层协议（如 TCP 协议）完成。

PPP 协议：



CSMA/CD 协议（以太网协议）：

广泛应用于总线网（另外有星形网、环形网两种）拓扑结构的局域网。

不可靠交付。

多点接入：多台计算机连接在一根主线；载波监听：发送前&发送中必须时刻检测信道，信道空闲时才可发送；碰撞检测：因为传播速率的因素，可能出现两个站同时在发送数据，若检测到此情况（通过总线的电压变化幅度）则需要等待随机事件后再次发送。

以太网在传输数据时以帧为单位，并且在传输时各帧之间必须有一定间隙，检测到总线上没有电压变化时就知道帧的传输已经结束，所以以太网只需要帧开始界定符，而不需要帧结束界定符，也不需要字节插入来保证透明传输。

ARP 协议：

通过 IP 地址获取目标终端 MAC 地址（适配器/网卡的唯一标识）。

适配器收到的帧分为：1.单播帧（一对一），收到帧的 MAC 地址与自身相同；2.广播帧（一对全体），发送给本局域网所有站点的帧（全 1 地址）；3.多播帧（一对多），给本局域网上一部分站点的帧。

所有适配器至少能识别单播帧及广播帧。

ARP 协议使用广播帧将目标 ip 地址发送到本局域网下所有站点，站点对比接收到的 ip 地址和本机 ip 地址，若相同则将本机 MAC 地址返回。

通过 ip 地址及其掩码判断，当目标终端处于同一局域网时，通过 ARP 协议获取目标适配器 MAC 地址，然后广播帧，该局域网下的所有终端（其适配器）收到帧后对比 MAC 地址，若相同则收下，否则丢弃（这样不会浪费主机的处理机及内存资源）。

