

物理层

1. 通信基础 *

1.1. 基本概念 *

1.1.1. 数据，信号与码元 *

通信的目的是**传送信息**

- 数据：传送信息的**实体**
- 信号：数据再传输过程中的**存在形式**
 - 模拟信号/数据：**连续变化**的信号/数据
 - 数字信号/数据：取值仅允许为几个有限的几个离散数值的信号/数据
- 码元：数字通信中数字信号的计量单位，用一个**固定时长**的信号波形表示一位k进制数字。时长内的信号称之为**k进制码元**，时长称之为**码元宽度**

1.1.2. 信源，信道与信宿 *

数字通信系统主要划分为**信源、信道和信宿**。

- 信源是产生和**发送数据**的**源头**
- 信宿是**接受数据**的**终点**
- 信道是信号的**传输媒介**

信道分类

- 传输信号形式：模拟信道/数字信道
- 传输介质：无线信道/有线信道

信号分类

- 基带信号（基带传输）/宽带信号（宽带传输）

通信交互方式

- 单向通信：**一条信道**，无线电广播，电视广播
- 半双工通信：**两条信道**，任何一方不能同时发送和接收
- 全双工通信：**两条信道**，**两个方向**的数据传输可以同时进行

1.1.3. 速率，波特与带宽 *

- 速率：数据率，数据**传输速率**
 - 码元传输速率（**波特率**）：单位时间内传输的码元数，单位**波特**，可以是多进制。码元速率与进制数无关。 $R_B = 1/T \text{ (s)} \text{ (Bd/s)}$
 - 比特率：指单位时间内通过信道的信息量，，其单位是比特/秒 $R_b = \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i} \log_2 M_i \text{ ; (b/s)}$

- 比特率与波特率的关系 $R_b = R_B \log_2 M$ (M表示进制数)
- 信息传输速率：单位时间内传输的二进制码元个数（比特数），单位**比特/秒**
- 带宽：网络的通信线路所能传输数据的能力，表示单位时间内从网络中一点到另一点所能通过的"最高数据率"，单位**b/s (Hz)**

1.2. 奈奎斯特定理/香农定理 *

1.2.1. 奈氏准则 *

理想低通信道下**极限数据传输速率** = $2W \log_2 V$ (bps)，其中W为理想低通信道带宽，V为每个码元离散电平数目。

- 任何信道码元传输速率有上限，超过上限会产生**码间串扰**
- 信道频带越宽，信道传输速率越高
- 奈氏准则规定码元传输速率，却并未限制码元可以有多少个二进制位。
- 奈奎斯特公式：数字信道的容量 $C = 2W \log_2 M$ (b/s)

1.2.2. 香农定理 *

香农定理是奈氏准则的推广，它规定了**信息传输速率**的上限，即信道的**最大信息传输速率** = $W \log_2 \{1 + S/N\}$ (bps)，其中W为信道带宽，S/N为信噪比。

信噪比 = $10 \log_{10} (S/N)$ ，单位**dB**

- 信道带宽或信道中**信噪比**越大，**信息极限传输速率**越高
- **传输带宽和信噪比**确定，信息传输速率上限确定
- 信息传输速率**低于**信道极限传输速率，就能找到某种方法实现**无差错传输**。

奈氏准则只考虑了带宽与**极限码元与传输速率**的关系，而**香农定理**不仅考虑了带宽，也考虑了**信噪比**。从侧面表明，一个码元对应的二进制位数是**有限的**

1.3. 编码与调制

把数据变换为**模拟信号**的过程称为**调制**，把数据变换为**数字信号**的过程称为**编码**。

1.3.1. 数字数据编码为数字信号

- 归零编码(RZ)
- 非归零编码(NRZ)
- 反向非归零编码(NRZI)
- 曼彻斯特编码(**以太网**)：中跳变，跳变低到高表示0
- 差分曼彻斯特编码(**局域网**)中跳变，位前跳变表示是0或1
- 4B/5B编码

1.3.2. 数字数据编码为模拟信号

- **ASK**幅移键控
- **FSK**频移键控
- **PSK**相移键控
- **QAM**正交振幅调制

1.3.3. 模拟数据编码为数字信号

- 采样：时间上连续的信号变为离散的信号
- 量化：连续信号的幅度变为离散的数字量
- 编码：量化的结果转换为与之对应的二进制编码

1.3.4. 模拟数据编码为模拟信号

1.4. 电路交换/报文交换/分组交换 *

1.4.1. 电路交换 *

- 连接建立，数据传输，连接释放
- 用户始终占用端到端的固定传输带宽
- 优点：
 - 通信时延小
 - 有序传输
 - 没有冲突
 - 适用范围广
 - 实时性强
 - 控制简单
- 缺点：
 - 建立连接时间长
 - 线路独占
 - 灵活性差
 - 难以规格化

1.4.2. 报文交换 *

- 报文携带咪表地址，源地址等信息，在交换节点采用存储转发的传输方式。
- 优点：
 - 无需建立连接
 - 动态分配线路
 - 提高线路可靠性
 - 提高线路利用率
 - 提供多目标服务
- 缺点：
 - 引起转发时延
 - 报文大小没有限制，要求网络结点有较大缓存空间。

1.4.3. 分组交换 *

- 限制每次传送数据块大小的上限，把大数据块划分为合理的小数据块，加上控制信息，构成分组。
- 优点：
 - 无建立时延
 - 线路利用率高
 - 简化存储管理
 - 加速传输
 - 减少出错概率和重发数据量。
- 缺点：
 - 存在传输时延
 - 需要传输额外信息量
 - 分组采用数据报形式的时候，可能出现失序、丢失或者重复分组。

1.5. 数据报与虚电路

1.5.1. 数据报

- 无连接的，不可靠的，尽最大努力交付的服务。
- 发送的分组包括发送端和接收端的完整地址。
- 分组在交换节点中采用存储转发的方式传输，需要排队等候处理，造成时延。
- 网络具有冗余路径。
- 存储转发延时一般较小，提高网络吞吐量。
- 收发双方不独占某条链路，资源利用率高。

1.5.2. 虚电路

- 发送方和接收方建立一条逻辑上相连的虚电路。
- 每个数据分组不仅要有分组好、校验和等控制信息，还要有它要通过的虚电路号。
- 虚电路通信链路建立和拆除需要时间开销，对交互式应用和小量的短分组情况显得很浪费，但对长时间、频繁的数据交换效率较高。
- 虚电路的路由选择体现在连接建立阶段，连接建立后，就确定了传输路径
- 虚电路提供了可靠的通信功能，能保证每个分组正确且有序到达。此外，还可以对两个数据端点的流量进行控制。
- 网络中某个结点或某条链路出现故障而彻底失效时，所有经过该结点或链路的虚电路将遭到破坏。
- 分组首部不包含目的地址，包含的时虚电路标识符，相对于数据报方式，其开销小。

	数据报服务	虚电路服务
连接的建立	不需要	必须有
目的地址	每个分组都有完整的目的地址	仅在建立连接阶段使用，之后每个分组使用长度较短的虚电路号
路由选择	每个分组独立地进行路由选择和转发	属于同一条虚电路的分组按照同一路由转发
分组顺序	不保证分组有序到达	保证分组有序到达

数据报服务		虚电路服务
可靠性	不保证可靠通信，可靠性由用户主机保证	可靠性由网络保证
对网络故障的适应性	出故障的结点丢失分组，其他分组路径选择发生变化时可以正常传输	所有经过故障结点的虚电路不能正常工作
差错处理和流量控制	由用户主机进行流量控制，不保证数据报的可靠性	可由分组交换网负责，也可由用户主机负责

2. 传输介质 *

2.1. 双绞线，同轴电缆，光纤与无线传输介质 *

- 双绞线: **绞合**减少相邻导线的电磁干扰，局域网/传统电话线
 - 无屏蔽双绞线
 - 屏蔽双绞线（金属丝编织成的屏蔽层）
- 同轴电缆: 内导体，绝缘层，网状编织屏蔽层和塑料外层，用于传输较高速率的数据
- 光纤: 光脉冲（三种实用光纤：多模突变光纤、多模渐变光纤、单模光纤）
 - 通信容量非常大
 - 传输损耗小，中继距离长，对远距离传输特别经济
 - 抗雷电和电磁干扰性能好
 - 无串音干扰，保密性好，不易被窃听或截取数据
 - 体积小，重量轻
- 无线传输介质（非导引型传输介质）
 - 无线电波
 - 微波，红外线和激光

2.2. 物理接口的特性

- 机械特性
- 电气特性
- 功能特性
- 过程特性

3. 物理层设备 *

3.1. 中继器 *

将信号整形并放大转发，以扩大网络传输距离（信号再生）

不能连接两个不同速率的局域网

5-4-3规则: 4个中继器串联的5段通信介质只有3段可以挂接计算机。

3.2. 集线器 *

多端口中继器，作信号放大和转发作用，扩大网络传输范围

主要使用双绞线组件共享网络