

## 物理层

笔记本： 计算机网络

创建时间： 2022/3/21 10:23

更新时间： 2022/3/21 10:37

作者： pltzp6uc

# 物理层

## 1. 基本概念

电脑要组网，第一件事要干什么？当然是先把电脑连起来，可以用光缆、电缆、双绞线、无线电波等方式。

这就叫做“实体层”，逼格高一点的叫法就是物理层。它就是把电脑连接起来的物理手段。它主要规定了网络的一些电气特性，作用是负责传送0和1的电信号。


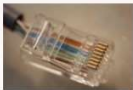
至于0和1的信号是什么，还轮不到物理层还决定。

王道论坛

### 物理层基本概念

物理层解决如何在连接各种计算机的传输媒体上**传输数据比特流**，而不是指具体的传输媒体。

物理层主要任务：确定与传输媒体**接口**有关的一些特性 ➡ **定义标准**

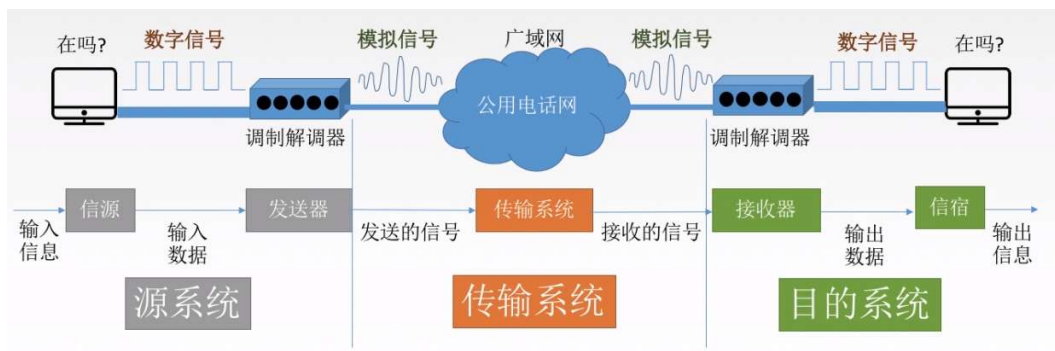
- 1. 机械特性** 定义物理连接的特性，规定物理连接时所采用的规格、接口形状、引线数目、引脚数量和排列情况。
- 2. 电气特性** 规定传输二进制位时，线路上信号的电压范围、阻抗匹配、传输速率和距离限制等。
- 3. 功能特性** 指明某条线上出现的某一电平表示何种意义，接口部件的信号线的用途。
- 4. 规程特性** （过程特性）定义各条物理线路的工作规程和时序关系。

描述一个物理层接口引脚处于高电平时的含义时

某网络在物理层规定，信号的电平用+10V~+15V表示二进制0，用-10V~-15V表示二进制1，电线长度限于15m以内

## 2. 数据通信基本知识

### 2.1 一个数据通信例子



## 2.2 相关术语

### 数据通信相关术语

通信的目的是传送消息。

**数据：** 传送信息的实体，通常是有意义的符号序列。

**信号：** 数据的电气/电磁的表现，是数据在传输过程中的**存在形式**。

**数字信号：** 代表消息的参数取值是离散的。

**模拟信号：** 代表消息的参数取值是连续的。

**信源：** 产生和发送数据的源头。

**信宿：** 接收数据的终点。

**信道：** 信号的传输媒介。一般用来表示向某一个方向传送信息的介质，因此一条通信线路往往包含一条发送信道和一条接收信道。

信道  $\begin{cases} \text{传输信号} & \text{模拟信道 (传送模拟信号) 数字信道 (传送数字信号)} \\ \text{传输介质} & \text{无线信道 有线信道} \end{cases}$

## 2.3 三种通讯方式

名称	英文	定义	需要信道条数
单工通信	Simplex	只能一个发一个收	一条
半双工通信	half-duplex	都可以发或者收，但是同一时间只能进行一个	两条
全双工通信	duplex	都可以同时收发数据	两条

## 2.4 两种数据传输方式

传输方式	特点
------	----

传输方式	特点
串行传输	速度慢，省钱，适合远距离
并行传输	速度快，耗钱，适合近距离



## 2.5 码元 (Symbol)

定义：码元是指用一个固定时长的信号波形（数字脉冲），代表离散数值的基本波形。当有多个离散状态时，成为M进制码元

一个码元可以携带多个比特的信息

个人理解：码元就是在网线上传输的一个个信号段。码元不同进制就是用来表示不同的数值的

## 2.6 波特 (Baud)

用来指一秒可以传输多少个码元

## 2.7 速率

分为**码元传输速率**和**信息传输速率**

信息传输速率就是b/s，就是我们平常说的**网速**

码元可以理解为几个比特的**集合**，所以信息传输速率（网速）=码元传输速率×码元所带信息量（多少比特）

码元所带信息量（比特数）= $\log_2$ （码元进制数）

## 2.8 带宽 (Band Width)

用来表示最高数据速率

## 2.9 奈式准则 (Nyquist)

是在理想状态下得出的结论

王道论坛 王道资料

### 奈氏准则 (奈奎斯特定理)

奈氏准则：在理想低通（无噪声，带宽受限）条件下，为了避免码间串扰，极限码元传输速率为  $2W$  Baud， $W$ 是信道带宽，单位是Hz。

只有在这两个公式这带宽才用Hz！！

为了混淆大家，再求一步极限数据率吧~

理想低通信道下的极限数据传输率 =  $2W \log_2 V$  (b/s)

带宽(Hz)      几种码元/码元的离散电平数目

- 1.在任何信道中，码元传输的速率是有上限的。若传输速率超过此上限，就会出现严重的码间串扰问题，使接收端对码元的完全正确识别成为不可能。
- 2.信道的频带越宽（即能通过的信号高频分量越多），就可以用更高的速率进行码元的有效传输。
- 3.奈氏准则给出了码元传输速率的限制，但并没有对信息传输速率给出限制。
- 4.由于码元的传输速率受奈氏准则的制约，所以要提高数据的传输速率，就必须设法使每个码元能携带更多个比特的信息量，这就需要用多元制的调制方法。

## 2.10 香农公式 (Shannon)

是在有噪声的信道中得出的结论

王道论坛 王道资料

### 香农定理

噪声存在于所有的电子设备和通信信道中。由于噪声随机产生，它的瞬时值有时会很大，因此噪声会使接收端对码元的判决产生错误。但是噪声的影响是相对的，若信号较强，那么噪声影响相对较小。因此，信噪比就很重要。

信噪比=信号的平均功率/噪声的平均功率，常记为 $S/N$ ，并用分贝（dB）作为度量单位，即：

信噪比 (dB) =  $10 \log_{10}(S/N)$  数值等价

香农定理：在带宽受限且有噪声的信道中，为了不产生误差，信息的数据传输速率有上限值。

信道的极限数据传输速率 =  $W \log_2(1 + S/N)$  (b/s)

信噪比

$S$ 是信道所传信号的平均功率  
 $N$ 是信道内的高斯噪声功率

香农定理：在带宽受限且有噪声的信道中，为了不产生误差，信息的数据传输速率有上限值。

$$\text{信道的极限数据传输速率} = W \log_2(1 + S/N) \quad (\text{b/s})$$

带宽(Hz)

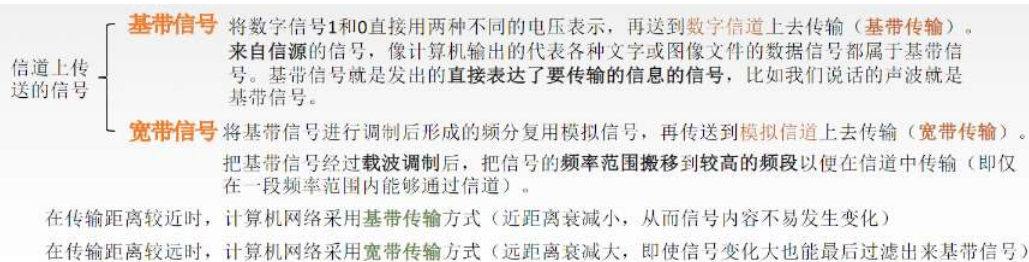
信噪比

S是信道所传信号的平均功率  
N是信道内的高斯噪声功率

- 1.信道的**带宽**或信道中的**信噪比**越大，则信息的极限传输速率就**越高**。
- 2.对一定的传输带宽和一定的信噪比，信息传输速率的上限就确定了。
- 3.只要信息的传输速率低于信道的极限传输速率，就一定找到某种方法来实现**无差错的传输**。
- 4.香农定理得出的为极限信息传输速率，实际信道能达到的传输速率要比它低不少。
- 5.从香农定理可以看出，若信道带宽W或信噪比S/N没有上限（不可能），那么信道的极限信息传输速率也就没有上限。

## 2.11 基带信号和宽带/带通信号 (Base band, pass band)

计算机网络中用的基带信号是**数字信号**



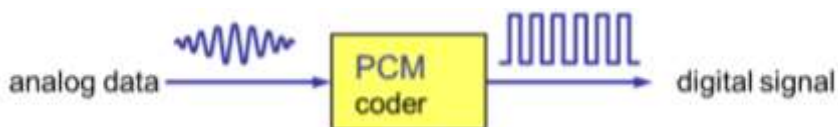
## 2.12 编码

将数据转化为**数字信号**

数字数据(digital data)通过 数字发送器(digit emitter) 转化为 数字信号(digital signal)



模拟数据(analog data)通过 PCM编码器(PCM coder) 转化为 数字信号 (digital signal)

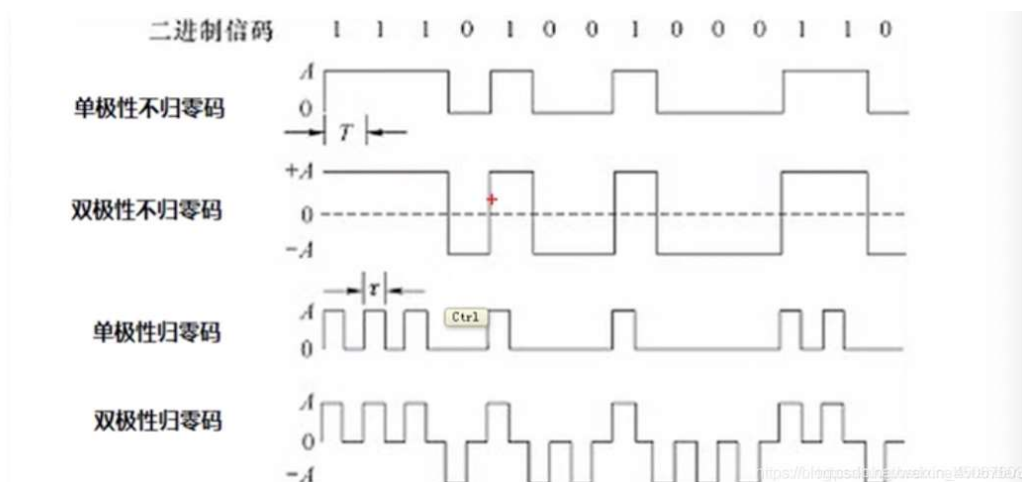


**单极性不归零编码**：只使用一个电压值，高电平表示1，低电平表示0。

**双极性不归零编码：**用幅值相等的正负电平表示二进制数1和0。

**单极性归零编码：**发送码1时高电平在整个码元期间只持续一段时间，其余时间返回零电平。

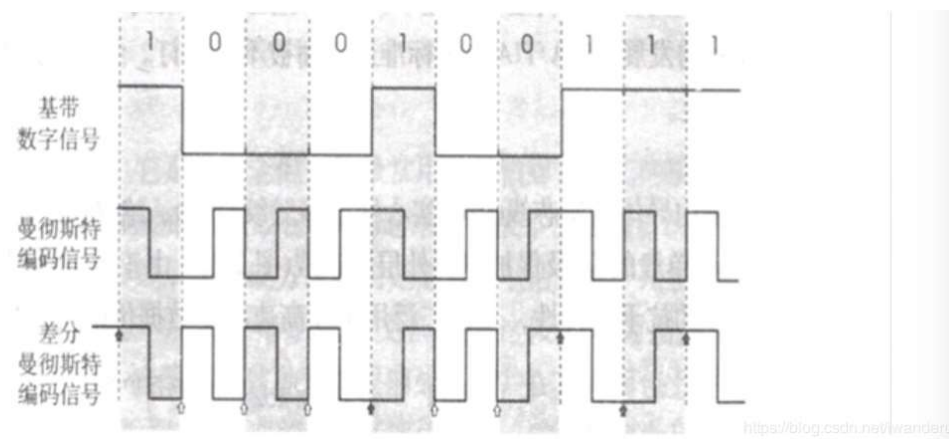
**双极性归零编码：**正负零三个电平，信号本身携带同步信息。



**曼彻斯特编码：**单极性编码的缺点是没有办法区分此时是没有信号，还是有信号，但是信号是0。

这种编码方式是bit中间有信号，低-高跳转表示0，高-低跳转表示1，一个时钟周期只可以表示一个bit，并且必须通过两次采样才能得到一个bit。它能携带时钟信号，而且能区分此时是没有信号还是信号为0。

**差分曼彻斯特编码：**抗干扰能力比曼彻斯特编码更强。bit与bit之间有信号跳变，表示下一个bit为0，bit与bit之间没有信号跳变，表示下一个bit为1。



## 2.13 调制：数据转化为模拟信号 (了解)



基带信号 0 1 0 0 1 1 1 0 0

调幅 Ctrl

调频

调相

Diagram illustrating the process of Modulation: analog data is input to a modulator, which produces an analog signal.

传输介质分为**导向性传输介质**和**非导向性传输介质**

导向性传输介质	电磁波沿着固体媒介（铜线or光纤）被导向传播
非导向性传输介质	自由空间，如空气，水等等

### 3.1.1 双绞线

根据有无屏蔽层分为**屏蔽双绞线（STP）**和**无屏蔽双绞线（UTP）**

王道论坛 王道论坛

### 导向性传输介质——1.双绞线

双绞线是古老、又最常用的传输介质，它由**两根**采用一定规则并排**绞合**的、相互绝缘的铜导线组成。  
绞合可以减少对相邻导线的电磁干扰。

**右手准则**

产生的电磁波大小相等相互抵消

(a) 无屏蔽双绞线 (b) 屏蔽双绞线

为了进一步提高抗电磁干扰能力，可在双绞线的外面再加上一个由**金属丝**编织成的屏蔽层，这就是**屏蔽双绞线（STP）**，无屏蔽层的双绞线就称为**非屏蔽双绞线（UTP）**。

双绞线价格**便宜**，是最常用的传输介质之一，在局域网和传统电话网中普遍使用。模拟传输和数字传输都可以使用双绞线，其通信距离一般为几公里到数十公里。距离太远时，对于**模拟传输**，要用**放大器**放大衰减的信号；对于**数字传输**，要用**中继器**将失真的信号整形。

非屏蔽双绞线 屏蔽双绞线

## 3.1.2 同轴电缆（Coaxial Cable）

王道论坛 王道论坛

### 导向性传输介质——2.同轴电缆

同轴电缆由**导体铜质芯线**、**绝缘层**、**网状编织屏蔽层**和**塑料外层**构成。按特性阻抗数值的不同，通常将同轴电缆分为两类：**50Ω同轴电缆**和**75Ω同轴电缆**。其中，**50Ω同轴电缆**主要用于传送基带数字信号，又称为**基带同轴电缆**，它在局域网中得到广泛应用；**75Ω同轴电缆**主要用于传送宽带信号，又称为**宽带同轴电缆**，它主要用于有线电视系统。

同轴电缆Vs双绞线

由于外导体屏蔽层的作用，同轴电缆**抗干扰特性**比双绞线好，被广泛用于传输较高速率的数据，其**传输距离**更远，但**价格**较双绞线贵。

电视信号接口

## 3.1.3 光纤（Optical fiber）

王道论坛 王道论坛

### 导向性传输介质——3.光纤

光纤通信就是利用光导纤维（简称光纤）传递**光脉冲**来进行通信。有光脉冲表示**1**，无光脉冲表示**0**。而可见光的频率大约是**10<sup>14</sup>Hz**，因此光纤通信系统的**带宽远远大于**目前其他各种传输媒体的带宽。

光纤在发送端有光源，可以采用发光二极管或半导体激光器，它们在电脉冲作用下能产生出光脉冲；在接收端用光电二极管做成光检测器，在检测到光脉冲时可还原出电脉冲。

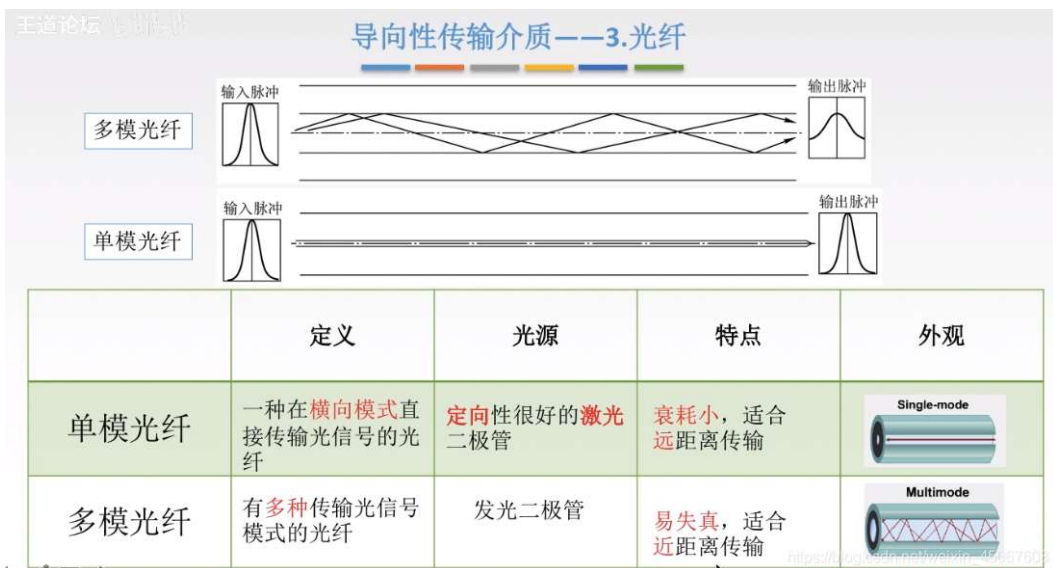
光纤主要由**纤芯(实心的！)**和**包层**构成，光波通过纤芯进行传导，包层较纤芯有较低的折射率。当光线从高折射率的介质射向低折射率的介质时，其折射角将大于入射角。因此，如果入射角足够大，就会出现**全反射**，即光线碰到包层时候就会折射回纤芯、这个过程不断重复，光也就沿着光纤传输下去。

超低损耗，传送超远距离！

[https://blog.csdn.net/weixin\\_45067603](https://blog.csdn.net/weixin_45067603)

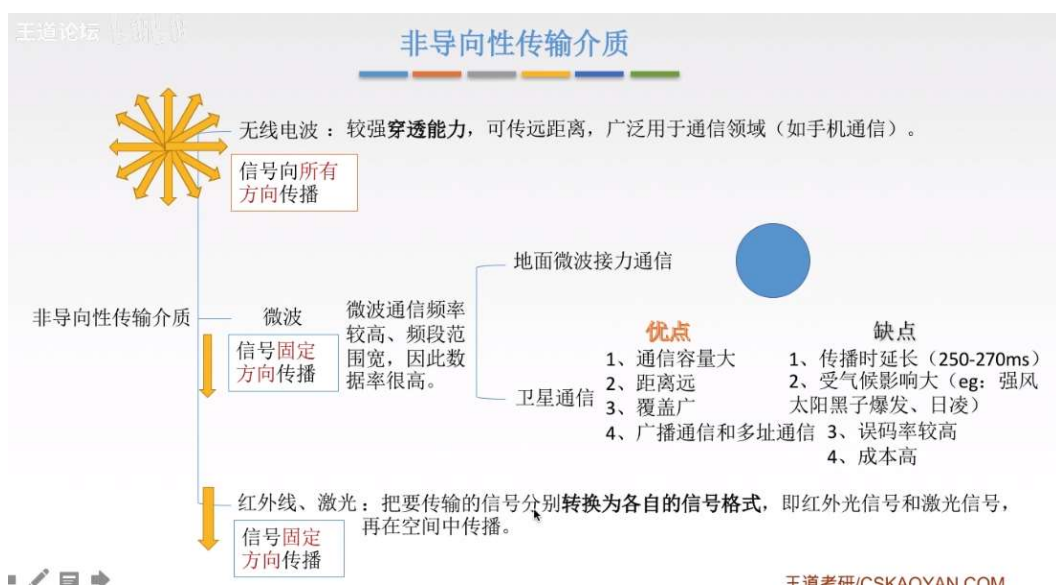
根据**入射角**不同，又分为单模光纤和多模光纤





## 3.2 常见的非导向性传输介质

包括**无线电波**，**微波**，**红外线**和**激光**等



## 4. 物理层设备

### 4.1 中继器（RP repeater）

注释：5-4-3规则是为了限制中继器使用次数的，理由可见图

5是指不能超过5个网段

4是指在这些网段中的物理层网络设备（中继器，集线器）最多不超过4个

3是指这些网段中最多只有三个网段挂有计算机

王道论坛 王道考研

### 中继器

**诞生原因:** 由于存在损耗, 在线路上传输的信号功率会逐渐衰减, 衰减到一定程度时将造成信号失真, 因此会导致接收错误。

**中继器的功能:** 对信号进行**再生和还原**, 对衰减的信号进行放大, 保持与原数据相同, 以增加信号传输的距离, 延长网络的长度。

**再生数字信号**

**中继器的两端:** 两端的网络部分是网段, 而不是子网, 适用于完全相同的**两类**网络的互连, 且两个网段速率要相同。  
中继器只将任何电缆段上的数据发送到另一段电缆上, 它仅作用于信号的电气部分, 并不管数据中是否有错误数据或不适于网段的数据。  
两端可连相同媒体, 也可连不同媒体。  
中继器两端的网段一定要是同一个协议。(中继器不会存储转发, 傻)

**5-4-3规则:** 网络标准中都对信号的延迟范围作了具体的规定, 因而中继器只能在规定的范围内进行, 否则会网络故障。



王道考研/CSKAOYAN.COM

## 4.2 集线器 (Hub)

集线器是个大的冲突域, 同时**只能有两个设备进行通讯**, 只会传输信号, 没有智能。

王道论坛 王道考研

### 集线器 (多口中继器)

**再生, 放大信号**

**集线器的功能:** 对信号进行再生**放大转发**, 对衰减的信号进行放大, 接着转发到其他所有 (除输入端口外) 处于工作状态端口上, 以增加信号传输的距离, 延长网络的长度。不具备信号的定向传送能力, 是一个共享式设备。

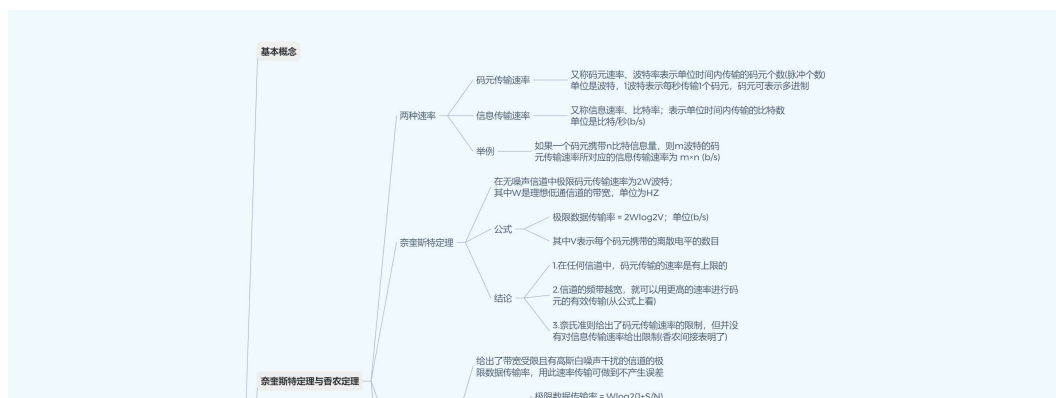
集线器不能分割冲突域

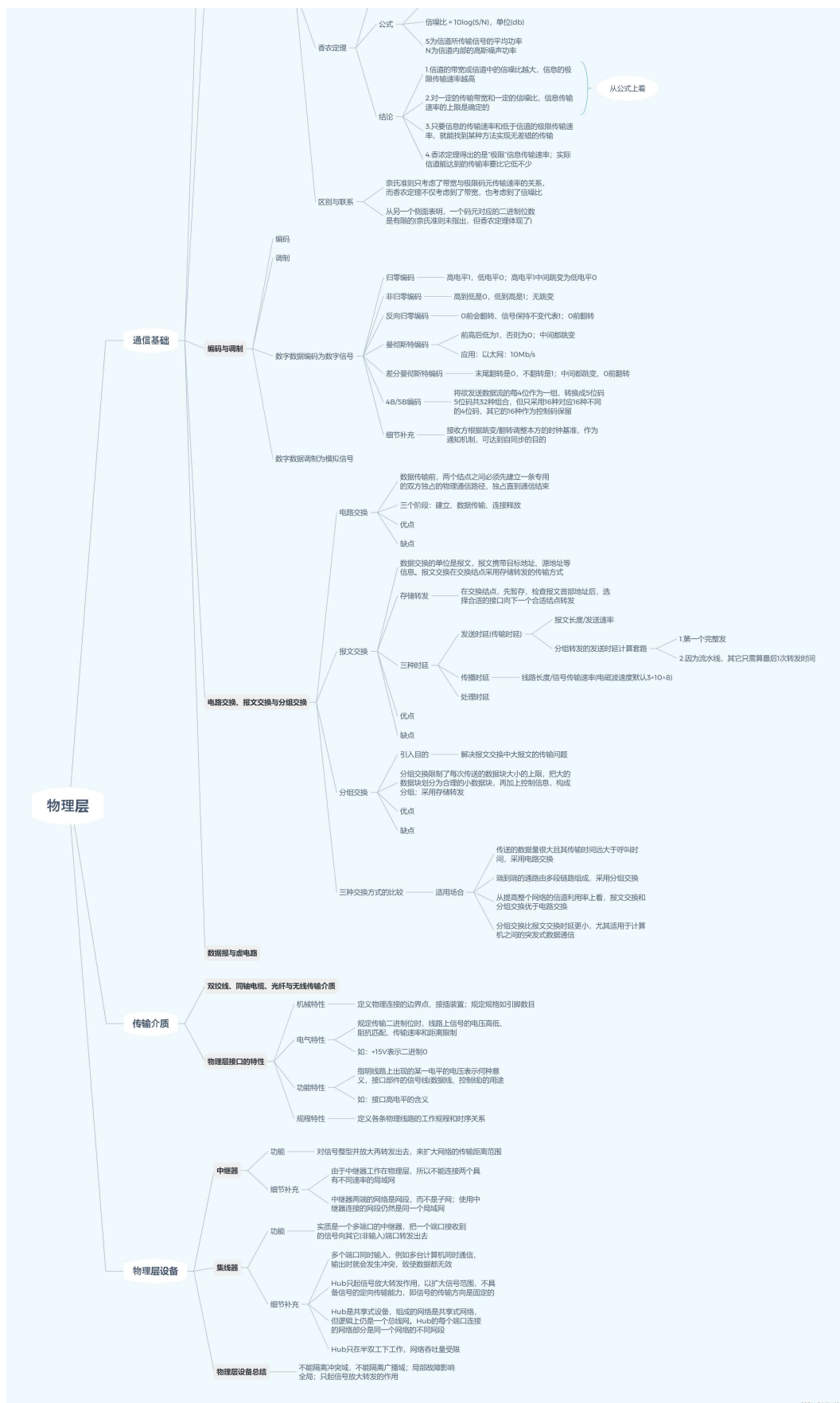
连在集线器上的工作主机平分带宽

星形拓扑



## 5. 本章思维导图





## 参考资料

[2019 王道考研 计算机网络](#)

[互联网5层模型入门--通俗易懂](#)

思维导图来自[此处](#)

