

计算机与网络技术

第9讲 物理层、数据链路层

课程回顾

- 计算机网络概述
- 物理层
- 数据链路层
- 网络层
- 传输层
- 应用层
- 网络安全
- 网络上的音频/视频服务
- 无线网络和移动网络



□ 计算机网络概述

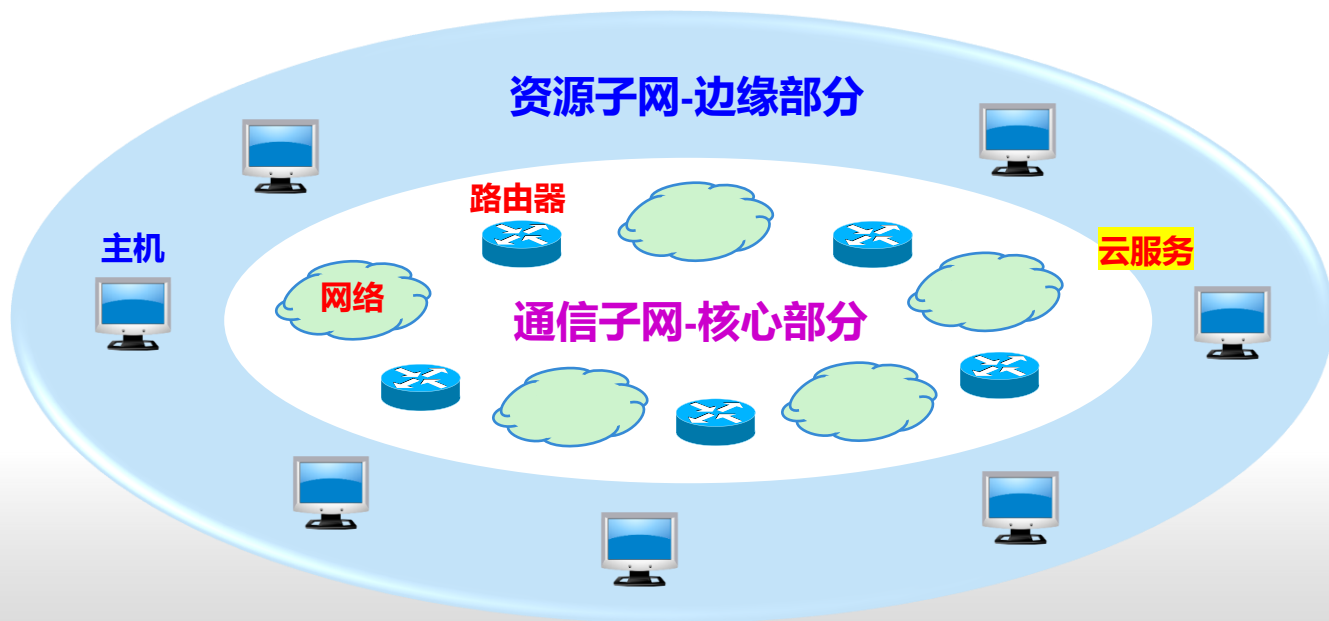
- 计算机网络基本概念
- 互联网基本概念
- 互联网组成及工作模式
 - 客户-服务器方式（C/S方式）
 - 分组交换（路由器）
- 计算机网络体系结构（分层传输）
- 计算机网络协议概念
- 计算机网络性能指标

计算机网络概述

互联网的组成

从互联网的工作方式上看，可以划分为两大块：

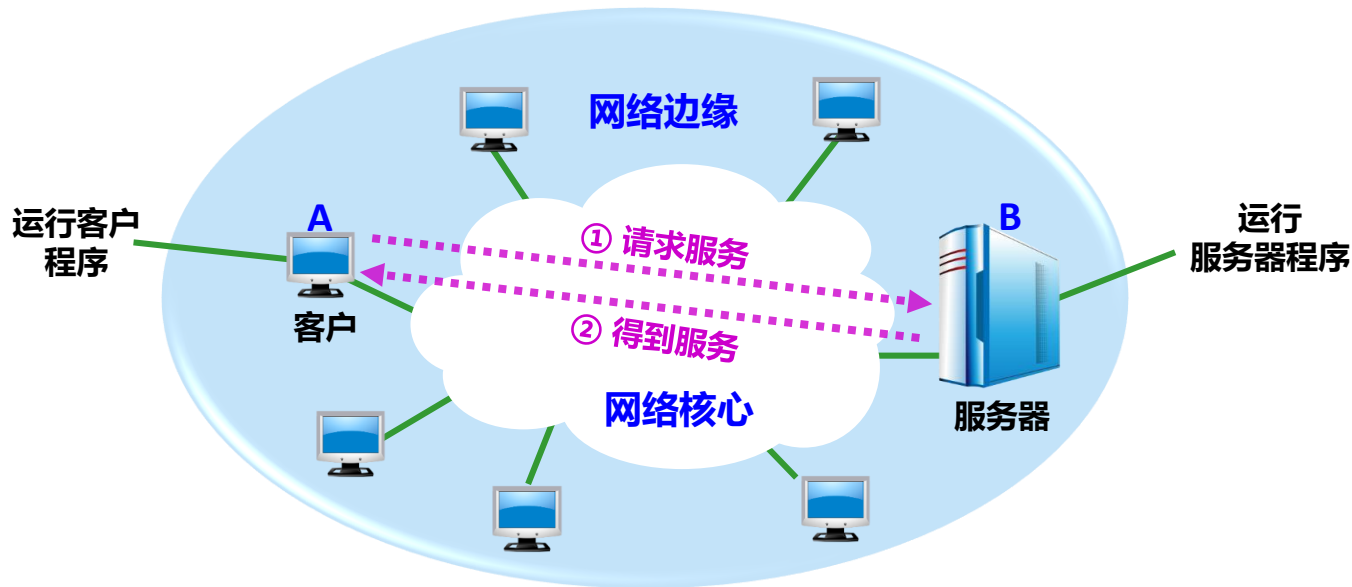
- **资源子网(边缘部分)**：由所有连接在互联网上的主机组成。这部分是用户直接使用的，用来进行通信（传送数据、音频或视频）和资源共享。
- **通信子网(核心部分)**：由大量网络和连接这些网络的路由器组成。这部分是为边缘部分提供服务的（提供连通性和交换）。



计算机网络概述

1. 客户-服务器方式

- **客户** (client) 和**服务器** (server) 都是指通信中所涉及的两个应用进程。
- 客户-服务器方式所描述的是进程之间服务和被服务的关系。
- 客户是**服务的请求方**，服务器是**服务的提供方**。

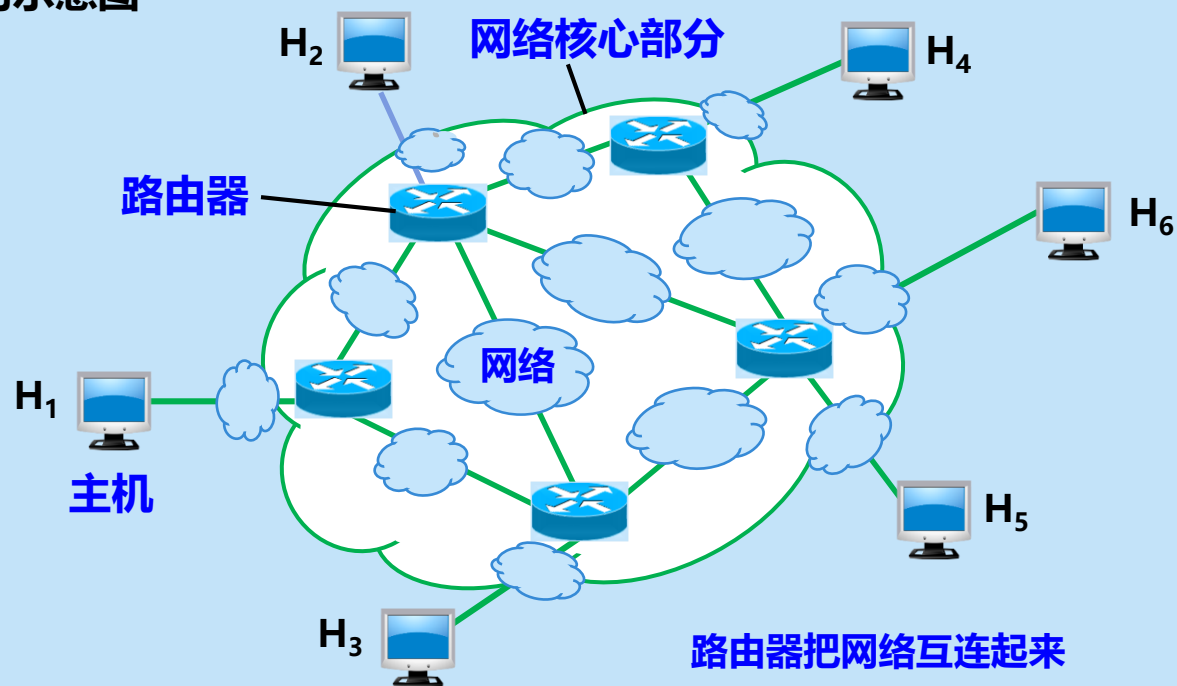


客户 A 向服务器 B 发出请求服务，服务器 B 向客户 A 提供服务

服务请求方和服务提供方都要使用网络核心部分所提供的服务。

计算机网络概述

分组交换的示意图



计算机网络概述

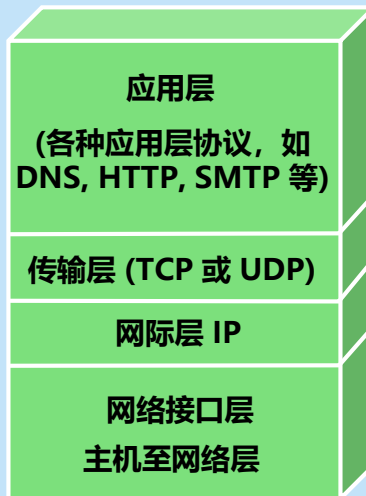
具有五层协议的体系结构

OSI 的体系结构



(a)

TCP/IP 的体系结构



(b)

五层协议的体系结构



(c)

计算机网络体系结构: (a) OSI 的七层协议; (b) TCP/IP 的四层协议; (c) 五层协议

提纲

- 计算机网络概述
- 物理层
- 数据链路层
- 网络层
- 传输层
- 应用层
- 网络安全
- 网络上的音频/视频服务
- 无线网络和移动网络



提纲

□ 物理层

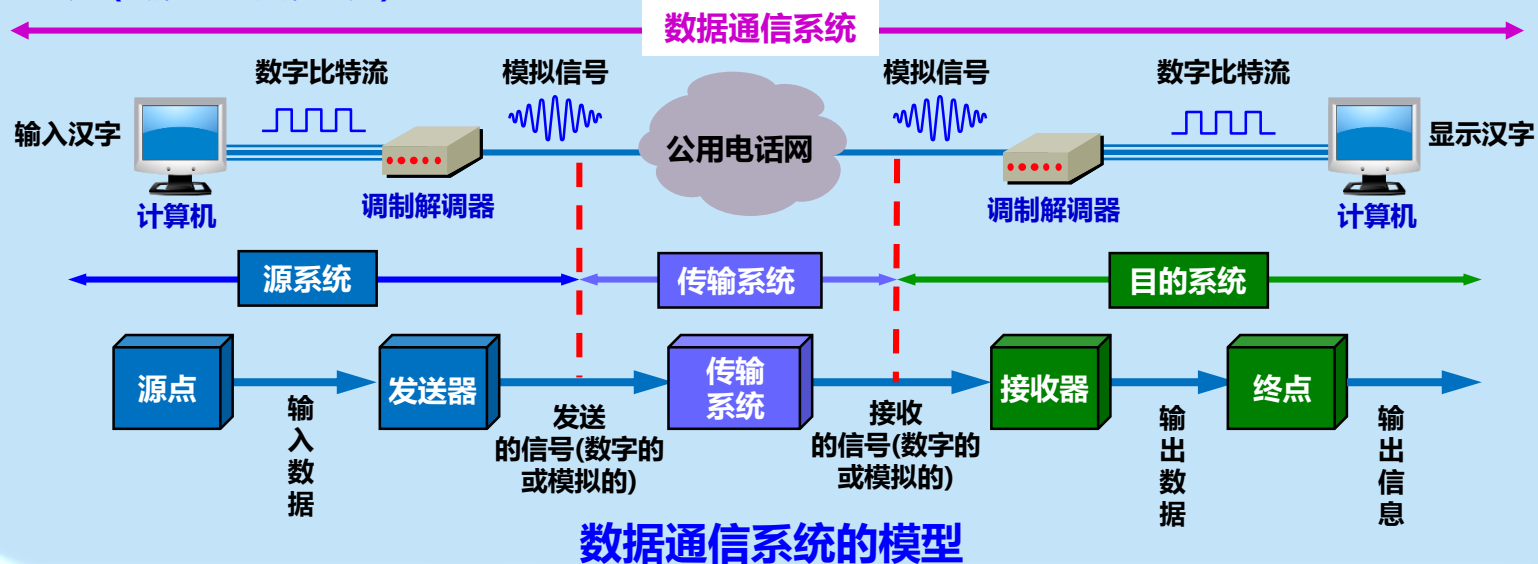
□ 数据链路层

- 据链路层基本概念
- 介质访问控制
- 逻辑链路控制
- 集线器、交换机

物理层-数据通信系统的模型

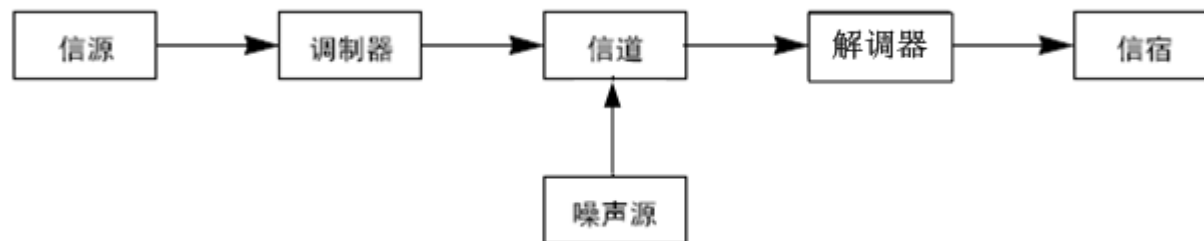
数据通信系统的模型

一个数据通信系统包括三大部分：源系统（或发送端、发送方）、传输系统（或传输网络）和目的系统（或接收端、接收方）。



物理层-数据通信系统的模型

□ 模拟通信



□ 优点

- 结构简单
- 成本低



□ 缺点

- 保密性差
- 抗扰性差
 - 对讲机: 5w, 1km; TD-CDMA: 220mW



物理层-数据通信系统的模型

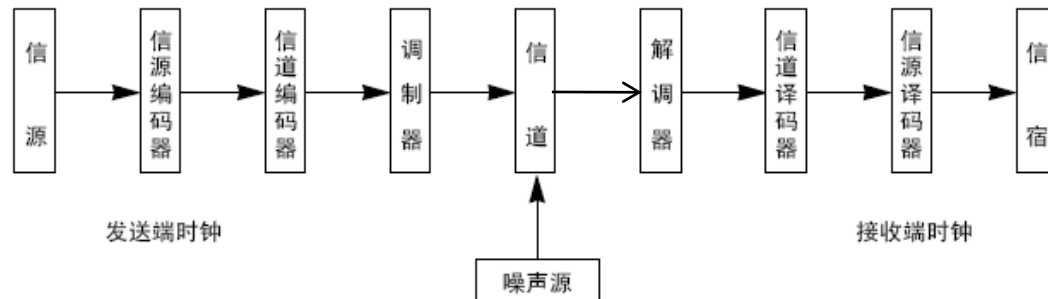
□ 数字通信

□ 优点

- 抗干扰能力强
- 可实现高质量的远距离通信
- 能适应各种通信业务
- 能实现高保密通信
- 通信设备的集成化和微型化

□ 缺点

- 占用频带较宽，900M（25M），400M（25k）
- 技术要求复杂
- 进行模/数转换时会带来量化误差



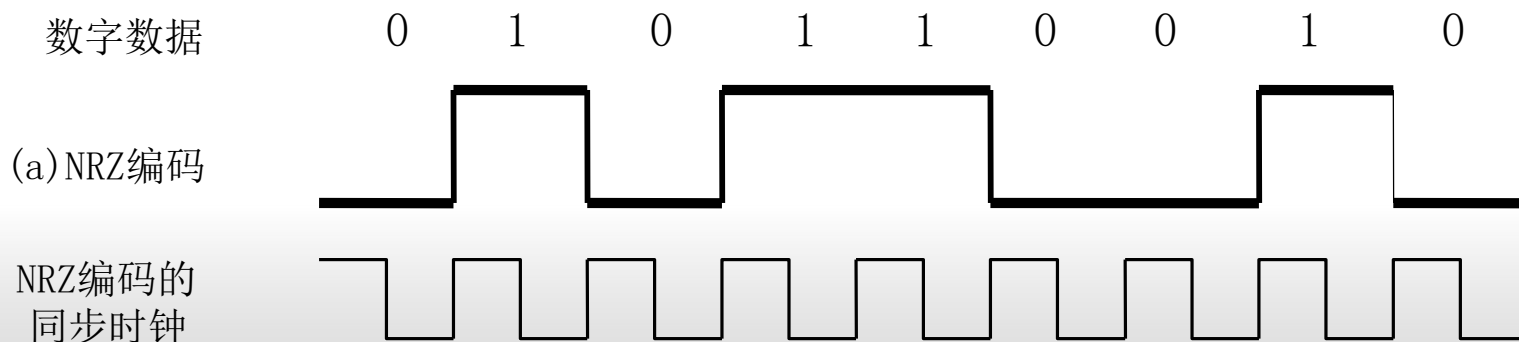
数字数据到数字信号的编码方法

■ 信道直接传输数字信号的传输方式叫做基带传输

■ 基带传输中表示二进制数据信号的常用方法

□ 非归零编码(NRZ)

- 非归零编码是用低电平表示逻辑“0”，用高电平表示逻辑“1”的编码方式
- 缺点
 - 为了保持收发双方的时钟同步，需要额外传输同步时钟信号
 - 当“0”和“1”的个数不等时，会有直流分量

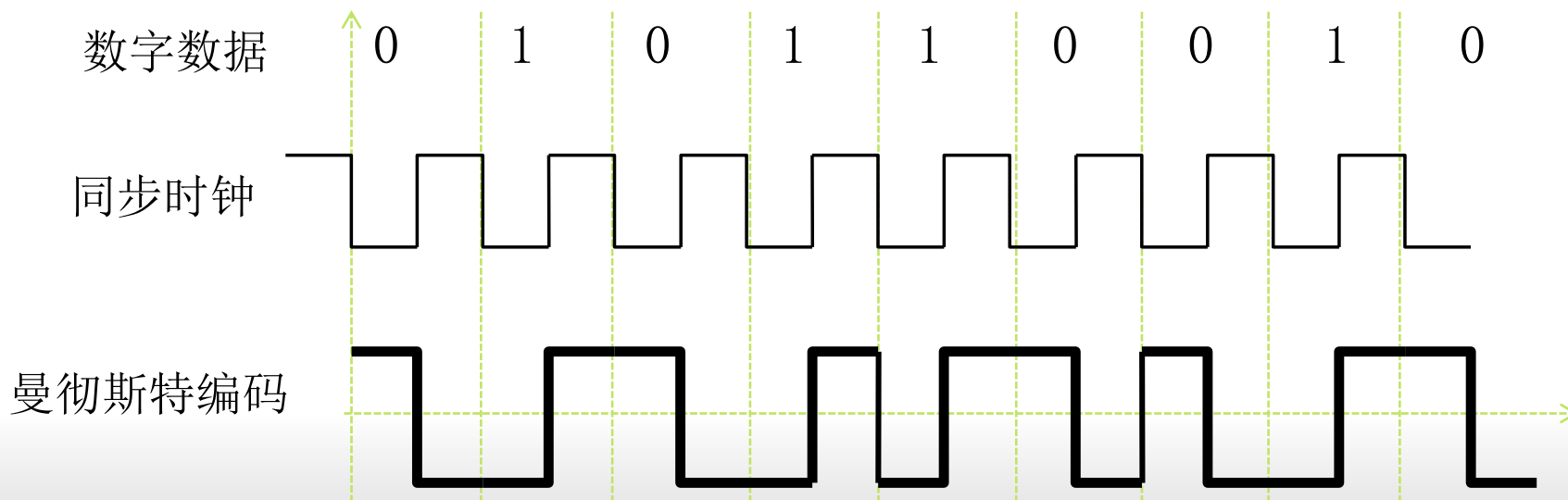


物理层-调制方式

数字数据到数字信号的编码方法

曼彻斯特编码(Manchester)相位编码

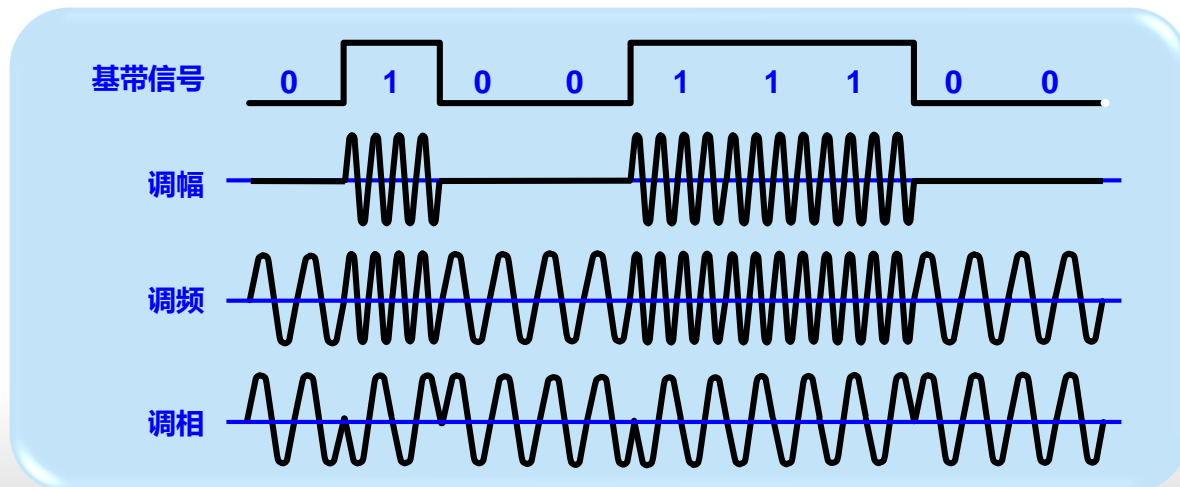
- 每比特的中间有一次跳变
 - 作为位同步方式的内带时钟
 - 用于表示二进制数据信号
 - 0——由高电平到低电平的跳变
 - 1——由低电平到高电平的跳变
- 曼彻斯特编码的优点
 - 自带时钟信号，不必另发同步时钟信号
 - 不含直流分量



物理层-调制方式

数字数据到模拟信号的编码方法

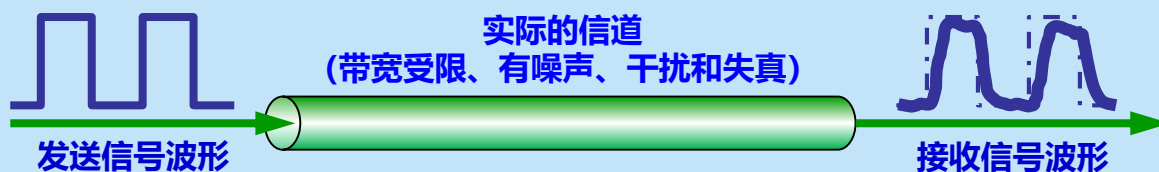
- 基带信号往往包含有较多的低频成分，甚至有直流成分，而许多信道并不能传输这种低频分量或直流分量。为了解决这一问题，就必须对基带信号进行调制 (modulation)。
- 最基本的二元制调制方法有以下几种：
 1. 调幅(AM)：载波的振幅随基带数字信号而变化。
 2. 调频(FM)：载波的频率随基带数字信号而变化。
 3. 调相(PM)：载波的初始相位随基带数字信号而变化。



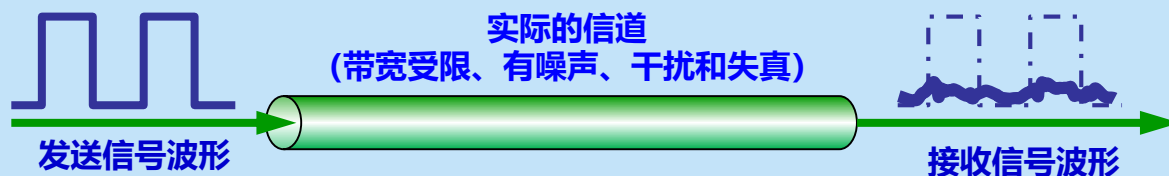
信道的极限容量

- 任何实际的信道都不是理想的，在传输信号时会产生各种失真以及带来多种干扰。
- 码元传输的速率越高，或信号传输的距离越远，或传输介质质量越差，在信道的输出端的波形的失真就越严重。

有失真，但**可识别**



失真大，**无法识别**

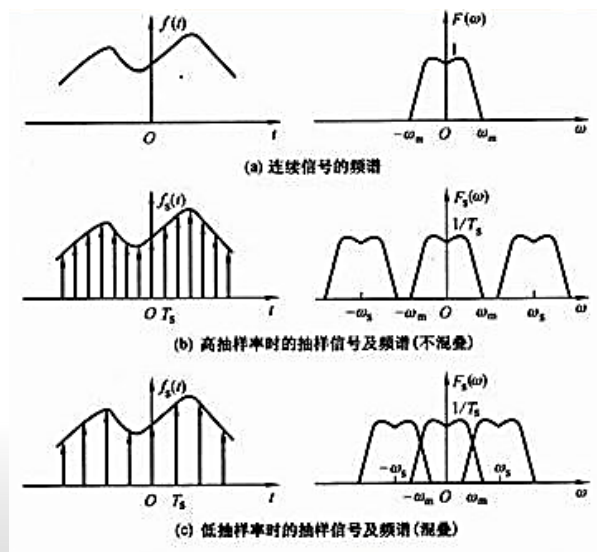


信道的极限容量

- **信道带宽**——带宽就是它所能传输电磁波的最大有效频率与最小有效频率之差 W , Hz
- **信道容量**——某个信道传输数据速率上限, 也叫作信道的最大传输速率, bps。
- **奈奎斯特定理**——有限带宽、无噪声信道的最大传输速率公式

$$C = 2W \log_2 V (\text{bps}) \quad (\text{低通条件})$$

W 代表信道的带宽。 V 是信号有效状态的数量。



物理层-关键指标

信道的极限容量

- **香农 (Shannon) 定理：** 有噪声信道的最大传输速率与带宽的关系

$$C = W \log_2(1 + S/N) \quad (\text{b/s})$$

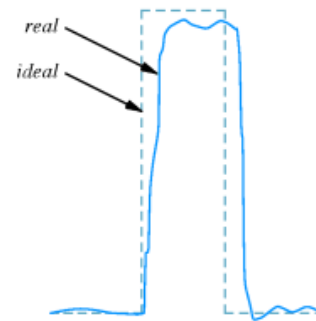
C表示信道容量(最大传输速率)，W代表信道的带宽。

S是信号能量，N是噪声能量

S/N是信噪功率比，用来描述信道的质量,应转化为线性坐标

$$SNR = 20 \log \frac{V_s}{V_n}$$

$$SNR = 10 \log \frac{P_s}{P_n}$$



物理层-关键指标

数据通信的主要技术指标

□ 带宽：

- 信道能够传送电磁波的有效频率范围就是该信道的带宽,Hz。

□ 信号传播速度：

- 信号在信道上每秒钟传送的距离，单位是米/秒。信号传播速度接近光在真空中的速度。

□ 数据传输速率：

- 单位是比特/秒(bps)。如在100Mbps传输速率的情况下，每比特传输时间为10ns；在10Mbps传输速率的情况下，每比特传输时间为100ns。

□ 最大传输速率（带宽）：

- 每个信道传输数据的速率有一个上限，叫做信道的最大传输速率,bps。

□ 波特率(码元速率)：

- 信号每秒钟变化的次数叫做波特率(Baud),Hz。

物理层-关键指标

数据通信的主要技术指标

□ 吞吐量：

- 信道在单位时间内成功传输的信息量。单位一般为比特/秒。例如，某信道在10分钟内成功传输了8.4M比特的数据，那么它的吞吐量就是8.4M比特/600秒=14kbps

□ 利用率：

- 是吞吐量和最大数据传输速率之比。

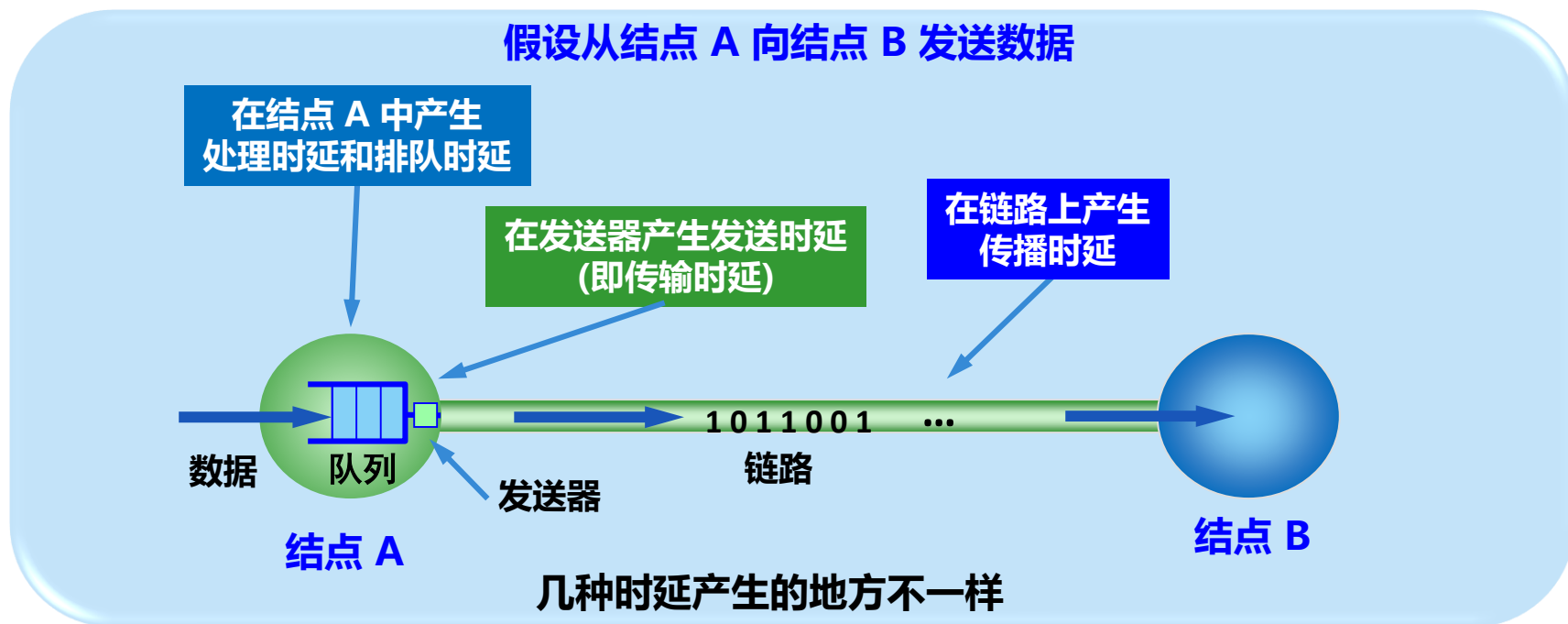
□ 差错率(包括比特差错率、码元差错率、分组差错率)：

- 在计算机通信中最常用的是比特差错率和分组差错率。比特差错率是二进制比特错传的位数与传输总位数之比。码元差错率(对应于波特率)指码元被误传的概率。分组差错率是指数据分组被误传的概率。

物理层-关键指标

时延 (delay 或 latency):

指数据（一个报文或分组，甚至比特）从网络（或链路）的一端传送到另一端所需的时间。



抖动(Jitter):

延迟不是固定不变的，它的实时变化叫做抖动。抖动往往与机器处理能力、信道拥挤程度等有关。延迟敏感，如电话；抖动敏感，如实时图像传输。

物理层的基本概念

- 物理层考虑的是怎样才能在连接各种计算机的传输介质上**传输数据比特流**，而**不是指具体的传输介质**。
- 物理层的作用是要尽可能地**屏蔽**掉不同传输介质和通信手段的差异。
- 用于物理层的协议也常称为物理层**规程** (procedure)。

主要任务：确定与传输介质的接口的一些特性。

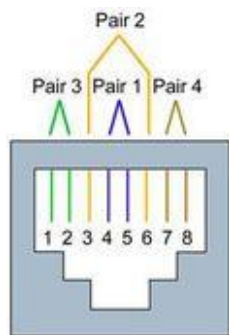
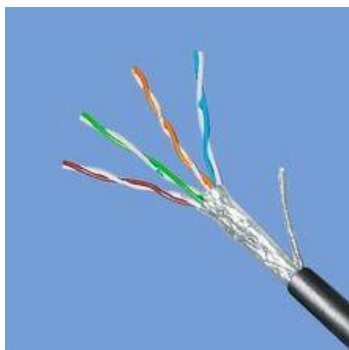
- **机械特性**：指明接口所用接线器的形状和尺寸、引线数目和排列、固定和锁定装置等。
- **电气特性**：指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。
- **功能特性**：指明某条线上出现的某一电平的电压的意义。
- **过程特性**：指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。

物理层-规程实例

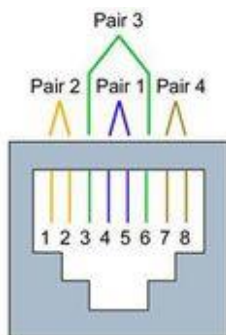
□ 机械特性

- 主要定义物理连接的边界点，即接插装置。规定物理连接时所采用的规格、引脚的数量和排列情况。
- 常用的标准接口

• **RJ45, TIA/EIA-568-A, TIA/EIA-568-B**



T568A

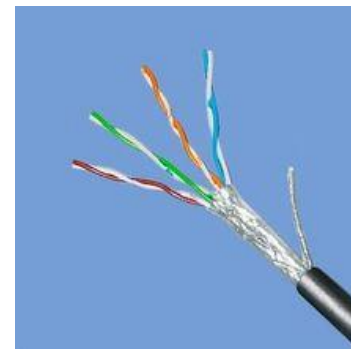


T568B



□ 电气特性

- 规定传输二进制位时，线路上信号的电压高低、阻抗匹配、传输速率和距离限制。
- 电气特性实例
 - 电平水平-3V
 - 直流电阻-19欧姆
 - 特性阻抗-100欧姆、120欧姆及150欧姆
 - 接触电阻为2.5mΩ
 - 绝缘电阻为1000MΩ
 - 抗电强度为DC1000V（AC700V）



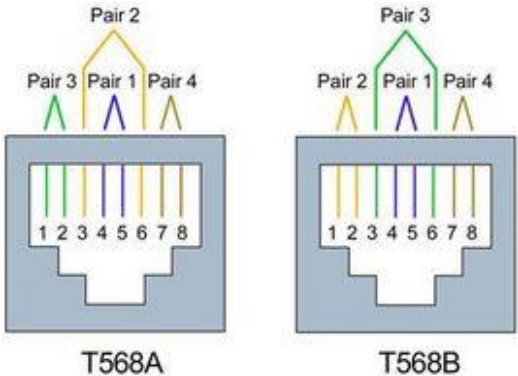
物理层-规程实例

功能特性

- 主要定义各条物理线路的功能

规程特性

- 主要定义各条物理线路的工作规程和时序关系



以太网 10/100Base-T 接口

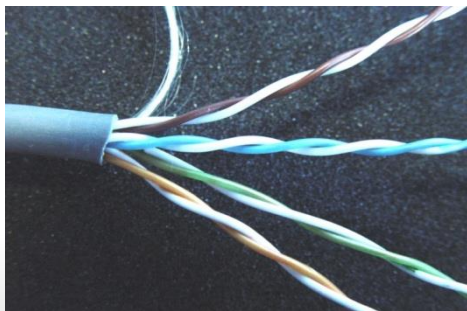
引脚号	引脚名称	说明
1	TX+	Tranceive Data+ (发送数据+)
2	TX-	Tranceive Data- (发送数据-)
3	RX+	Receive Data+ (接收数据+)
4	n/c	Not connected (未使用)
5	n/c	Not connected (未使用)
6	RX-	Receive Data- (接收数据-)
7	n/c	Not connected (未使用)
8	n/c	Not connected (未使用)

以太网 100Base-T4 接口

引脚号	引脚名称	说明
1	TX_D1+	Tranceive Data+ (发送数据+)
2	TX_D1-	Tranceive Data- (发送数据-)
3	RX_D2+	Receive Data+ (接收数据+)
4	BI_D3+	Bi-directional Data+ (双向数据+)
5	BI_D3-	Bi-directional Data- (双向数据-)
6	RX_D2-	Receive Data- (接收数据-)
7	BI_D4+	Bi-directional Data+ (双向数据+)
8	BI_D4-	Bi-directional Data- (双向数据-)

物理层下面的传输介质

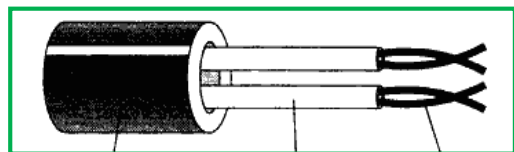
- **传输介质**，就是数据传输系统中在发送器和接收器之间的物理通路。
- 传输介质可分为两大类，即导引型传输介质和非导引型传输介质。
- **有线传输介质中**，电磁波沿着固体媒体（铜线或光纤）传播。
- **无线传输介质就是指自由空间**。在非导引型传输介质中，电磁波的传输常称为无线传输。



有线传输介质

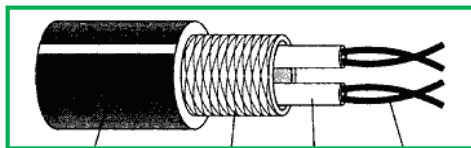
● 双绞线

- 最常用的传输介质。
- 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到十几公里。
- 屏蔽双绞线 STP (Shielded Twisted Pair)
- 带金属屏蔽层
- 无屏蔽双绞线 UTP (Unshielded Twisted Pair)



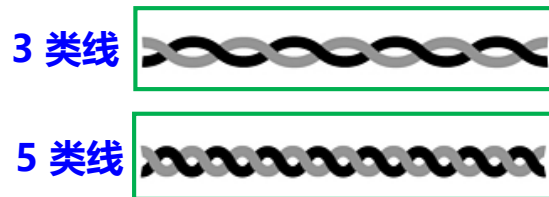
聚氯乙烯套层 绝缘层 铜线

(a) 无屏蔽双绞线



聚氯乙烯套层 屏蔽层 绝缘层 铜线

(b) 屏蔽双绞线



(c) 不同的绞合度的双绞线

双绞线标准

- 1991 年，美国电子工业协会 EIA 和电信行业协会联合发布了一个用于室内传送数据的无屏蔽双绞线和屏蔽双绞线的标准 **EIA/TIA-568**。
- 1995 年将布线标准更新为 **EIA/TIA-568-A**。
- 此标准规定了 **5 个种类的 UTP 标准**（从 1 类线到 5 类线）。
- **对传送数据来说，现在最常用UTP是5类线（Category 5 或 CAT5）。**

常用的绞合线的类别、带宽和典型应用

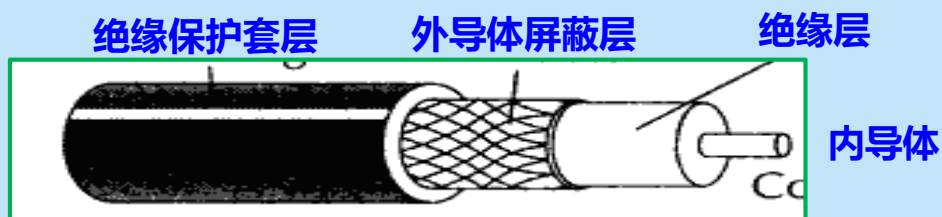
绞合线类别	带宽	线缆特点	典型应用
3	16 MHz	2 对 4 芯双绞线	模拟电话；曾用于传统以太网 (10 Mbit/s)
4	20 MHz	4 对 8 芯双绞线	曾用于令牌局域网
5	100 MHz	与 4 类相比增加了绞合度	传输速率不超过100 Mbit/s 的应用
5E (超5类)	125 MHz	与 5 类相比衰减更小	传输速率不超过 1 Gbit/s 的应用
6	250 MHz	与 5 类相比改善了串扰等性能	传输速率高于 1 Gbit/s 的应用
7	600 MHz	使用屏蔽双绞线	传输速率高于 10 Gbit/s 的应用

有线传输介质

● 同轴电缆

- 同轴电缆具有很好的抗干扰特性，被广泛用于传输较高速率的数据。
- 同轴电缆的带宽取决于电缆的质量。
- 50 Ω 同轴电缆 —— LAN / 数字传输常用
- 75 Ω 同轴电缆 —— 有线电视 / 模拟传输常用

同轴电缆的结构



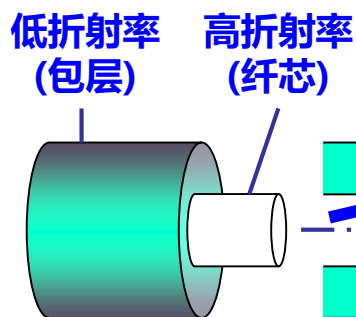
有线传输介质



港中大高锟

● 光缆

- 光纤是光纤通信的传输介质。
- 由于可见光的频率非常高，约为 10^8 MHz 的量级，因此一个光纤通信系统的传输带宽远远大于目前其他各种传输介质的带宽。



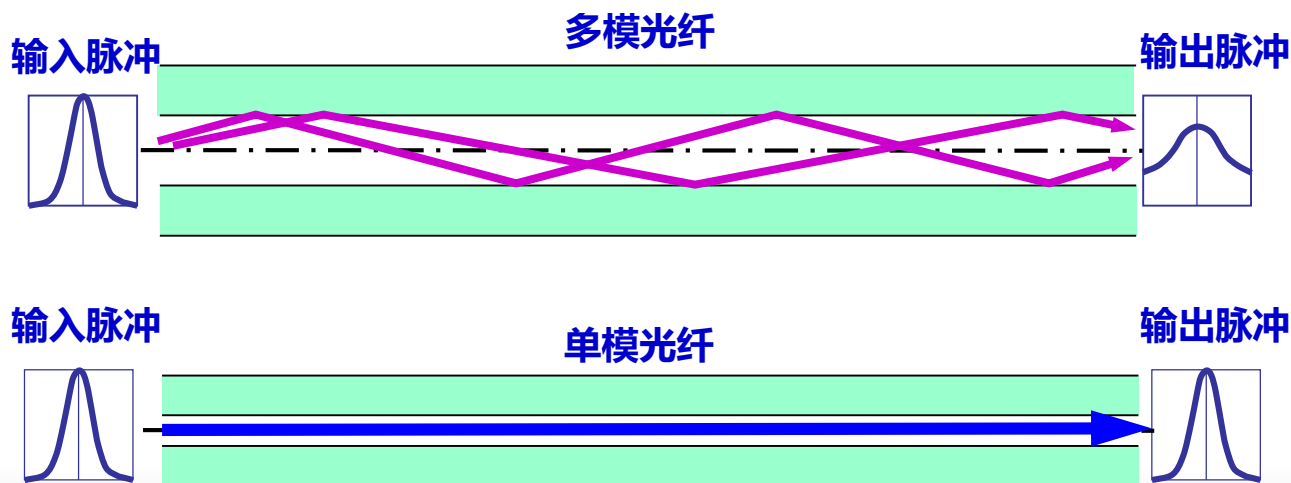
光波在纤芯中的传播

光线在纤芯中传输的方式是不断地全反射

当光线从高折射率的媒体射向低折射率的媒体时，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，光也就沿着光纤传输下去。

多模光纤与单模光纤

- **多模光纤**：可以存在多条不同角度入射的光线在一条光纤中传输。这种光纤就称为**多模光纤**。
- **单模光纤**：若光纤的直径减小到只有一个光的波长，则光纤就像一根波导那样，它可使光线一直向前传播，而不会产生多次反射。这样的光纤称为**单模光纤**。



多模光纤 (a) 和 单模光纤 (b) 的比较

光纤通信中使用的光波的波段

- 常用的三个波段的中心分别位于 850 nm, 1300 nm 和 1550 nm。
- 所有这三个波段都具有 25000~30000 GHz 的带宽, 光纤的通信容量非常大。

光纤优点

1. 通信容量非常大。
2. 传输损耗小, 中继距离长。
3. 抗雷电和电磁干扰性能好。
4. 无串音干扰, 保密性好。
5. 体积小, 重量轻。

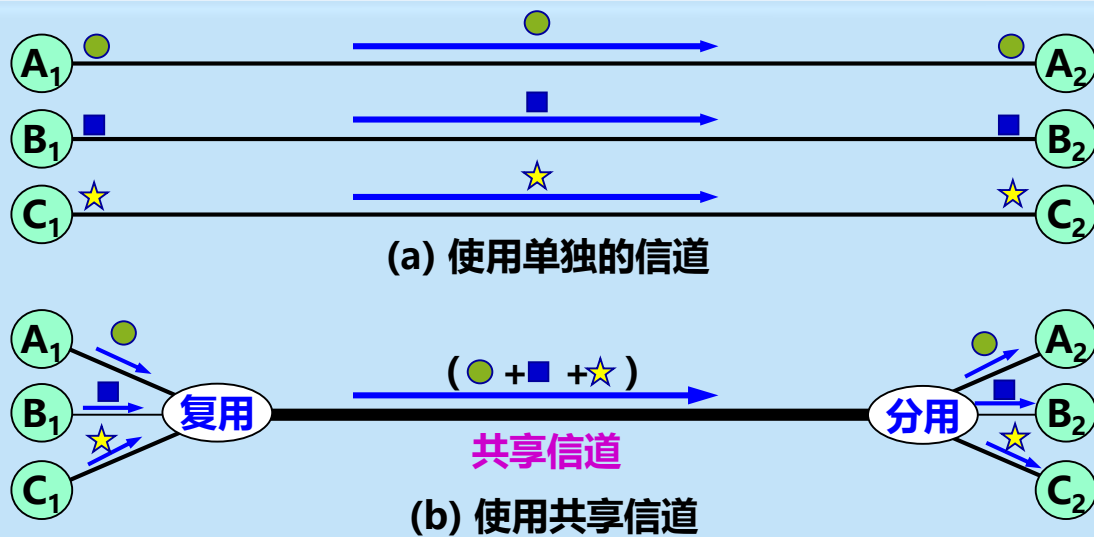
物理层-复用技术

频分复用、时分复用和波分复用

复用 (multiplexing) 是通信技术中的基本概念。

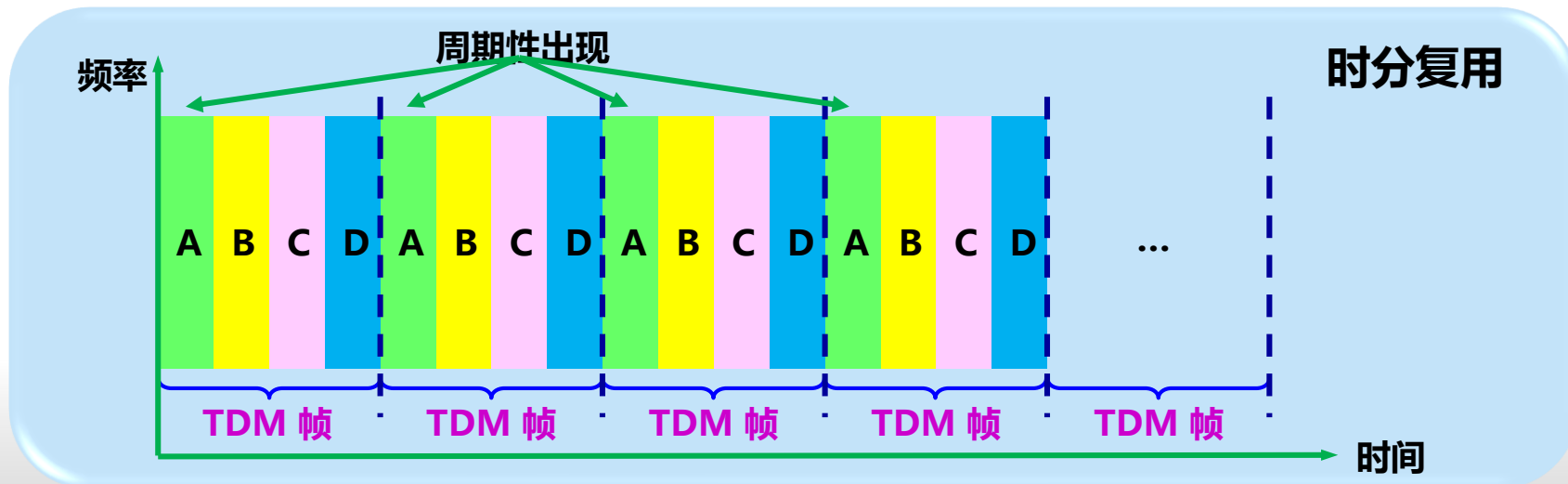
它允许用户使用一个共享信道进行通信，降低成本，提高利用率。

复用的示意图



时分复用TDM (Time Division Multiplexing)

- **时分复用**则是将时间划分为一段段等长的**时分复用帧** (TDM帧) 。
每一个时分复用的用户在每一个 TDM 帧中占用固定序号的时隙。
- 每一个用户所占用的时隙是**周期性地出现** (其周期就是TDM帧的长度) 的。
- TDM 信号也称为**等时** (isochronous) 信号。
- **时分复用的所有用户在不同的时间占用同样的频带宽度。**

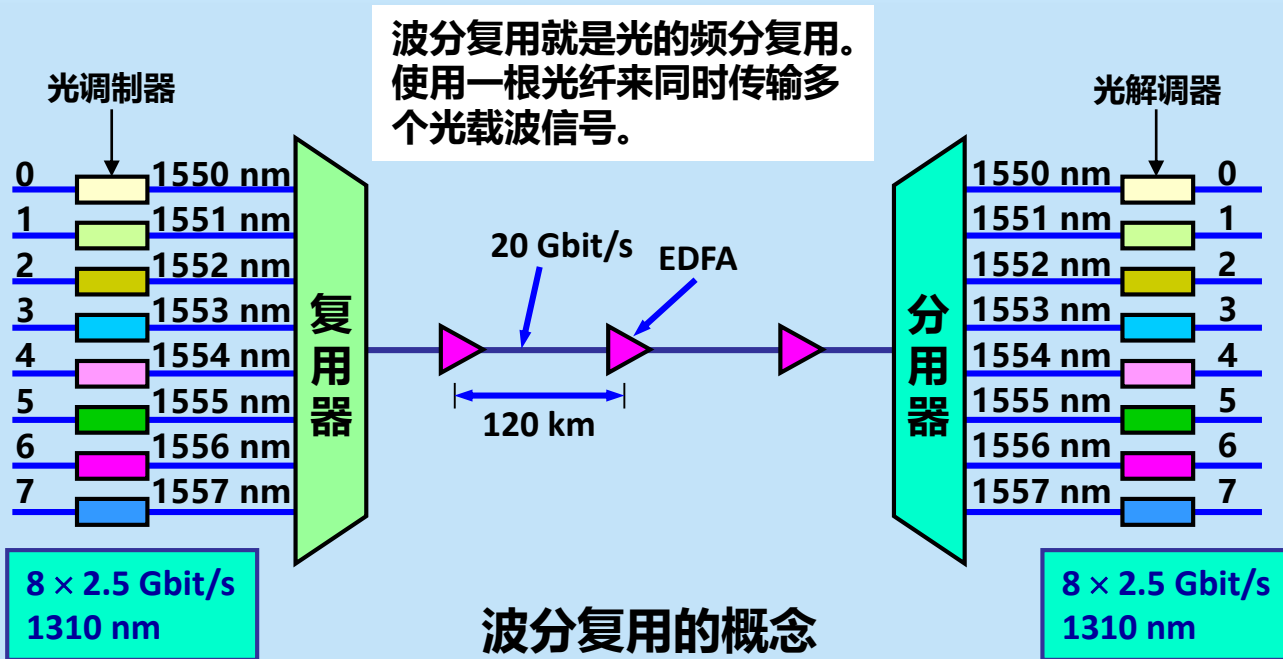


频分复用 FDM (Frequency Division Multiplexing)

- 将整个带宽分为多份，用户在分配到一定的频带后，在通信过程中自始至终都占用这个频带。
- 频分复用的所有用户在同样的时间占用不同的带宽资源（请注意，这里的“带宽”是频率带宽而不是数据的发送速率）。

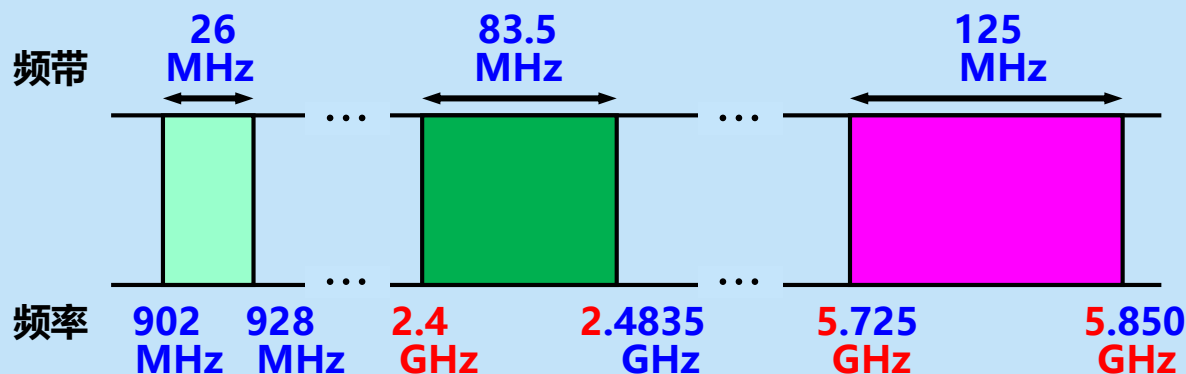


波分复用 WDM(Wavelength Division Multiplexing)



无线局域网使用的 ISM 频段

要使用某一段无线电频谱进行通信，通常必须得到本国政府有关无线电频谱管理机构的许可证。但是，也有一些无线电频段是可以自由使用的。例如：ISM。各国的 ISM 标准有可能略有差别。



无线局域网使用的 ISM 频段
(Industrial Scientific Medical Band)

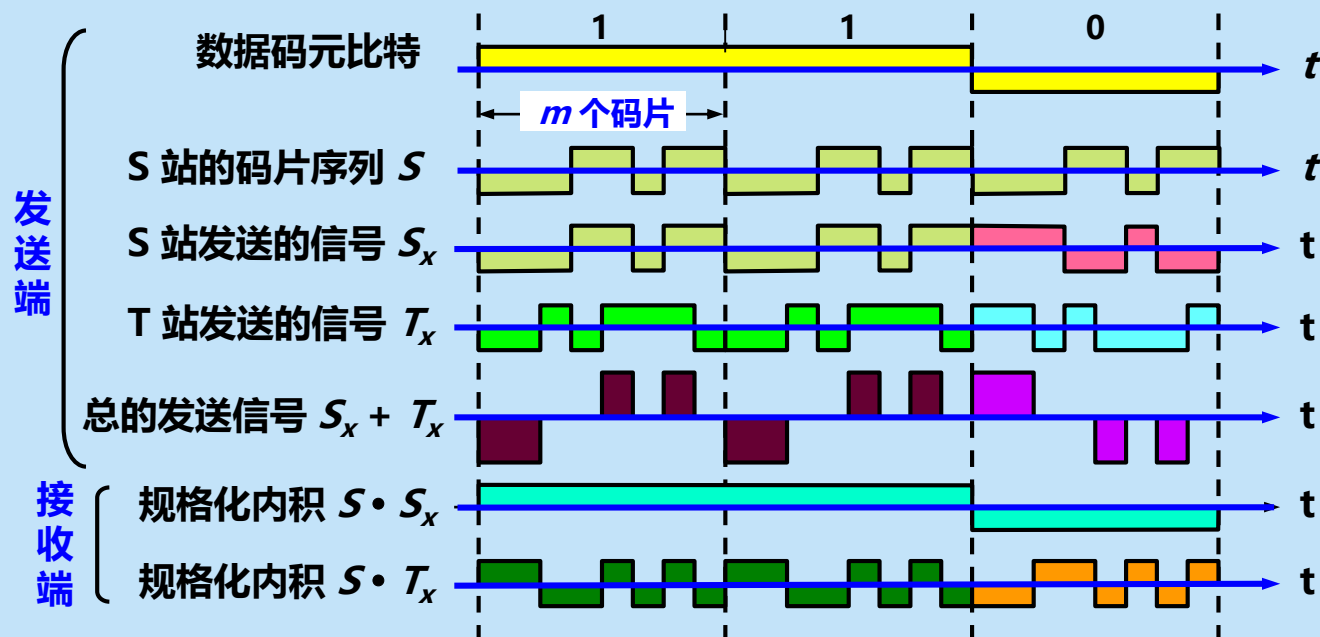
码分复用 CDM (Code Division Multiplexing)

- 常用的名词是**码分多址** CDMA (Code Division Multiple Access)。
- 各用户使用经过特殊挑选的不同码型，因此彼此不会造成干扰。
- 这种系统发送的信号有很强的抗干扰能力，其频谱类似于白噪声，不易被敌人发现。

码片序列(chip sequence)

- 每一个比特时间划分为 m 个短的间隔，称为**码片** (chip)。
- 每个站被指派一个唯一的 m bit **码片序列**。
 1. 如发送比特 1，则发送自己的 m bit 码片序列。
 2. 如发送比特 0，则发送该码片序列的二进制反码。
- 例如，S 站的 8 bit 码片序列是 00011011。
 1. 发送比特 1 时，就发送序列 00011011，
 2. 发送比特 0 时，就发送序列 11100100。
- S 站的码片序列：(-1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 +1)

CDMA 的工作原理



提纲

□ 物理层

□ 数据链路层

- 数据链路层基本概念
- 介质访问控制
- 逻辑链路控制
- 集线器、交换机

具有五层协议的体系结构

OSI 的体系结构



(a)

TCP/IP 的体系结构



(b)

五层协议的体系结构



(c)

计算机网络体系结构: (a) OSI 的七层协议; (b) TCP/IP 的四层协议; (c) 五层协议

数据链路和帧

- **链路 (link)** 是一条无源的点到点的物理线路段，中间没有任何其他的交换结点。
 - ◆ 一条链路只是一条通路的一个组成部分。
- **数据链路 (data link)** 除了物理线路外，还必须有通信协议来控制这些数据的传输。若把实现这些协议的硬件和软件加到链路上，就构成了数据链路。
 1. 现在最常用的方法是使用**适配器 (即网卡)** 来实现这些协议的硬件和软件。
 2. 一般的适配器都包括了数据链路层和物理层这两层的功能。

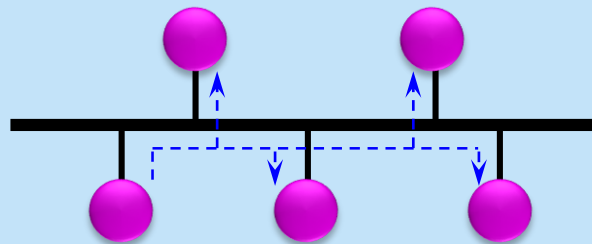
数据链路层

数据链路层使用的信道



(a) 点对点信道

- 这种信道使用一对一的**点对点**通信方式。



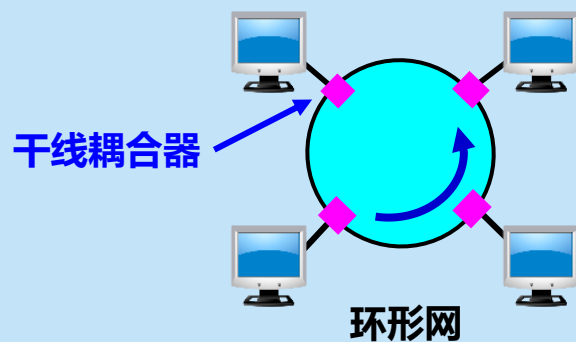
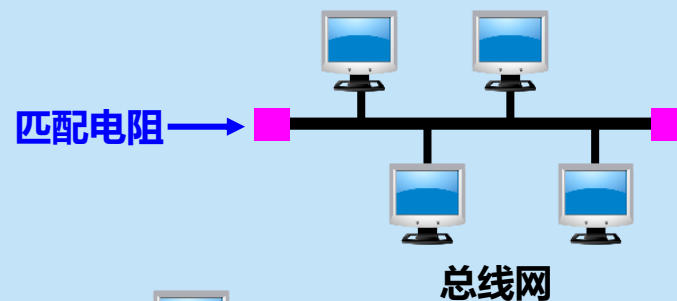
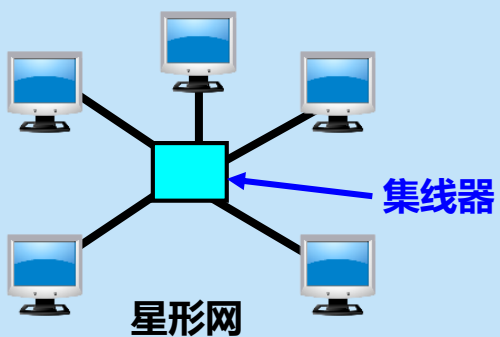
(b) 广播信道

- 使用一对多的**广播通信**方式。
- 因此必须使用专用的共享信道协议来协调这些主机的数据发送。

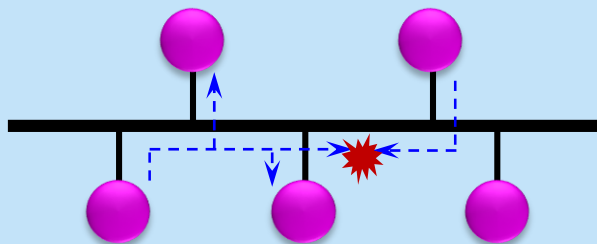
广播数据链路：局域网（以太网）

- 局域网最主要的特点是：
 1. 网络为一个单位所拥有；
 2. 地理范围和站点数目均有限。
- 局域网具有如下主要优点：
 1. 具有广播功能，从一个站点可很方便地访问全网。局域网上的主机可共享连接在局域网上的各种硬件和软件资源。
 2. 便于系统的扩展和逐渐地演变，各设备的位置可灵活调整和改变。
 3. 提高了系统的可靠性、可用性和残存性。

局域网拓扑结构



共享信道带来的问题



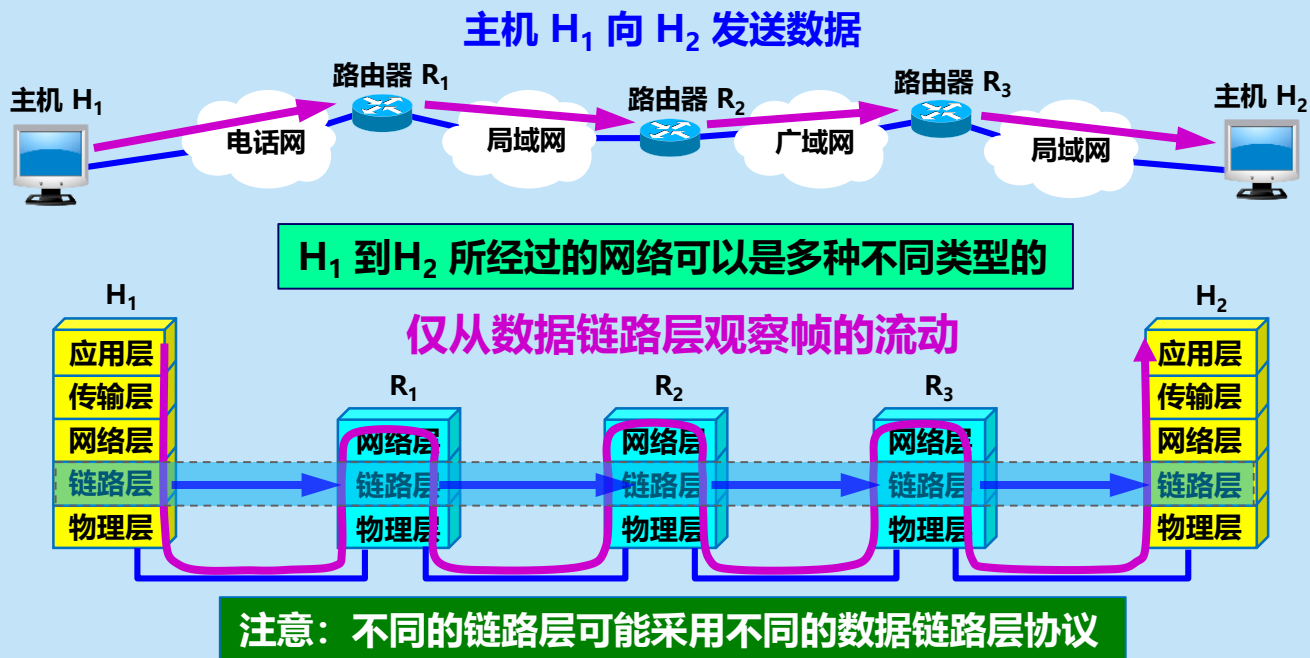
共享的广播信道

- 使用一对多的**广播通信**方式。
- **问题：**若多个设备在共享的广播信道上同时发送数据，则会造成彼此干扰，导致发送失败。

- **静态划分信道**
 1. 频分复用
 2. 时分复用
 3. 波分复用
 4. 码分复用
- **动态媒体接入控制（多点接入）**
 1. 随机接入
 2. 受控接入，如多点线路探询 (polling)，或轮询。

数据链路层

数据链路层的作用



数据链路层

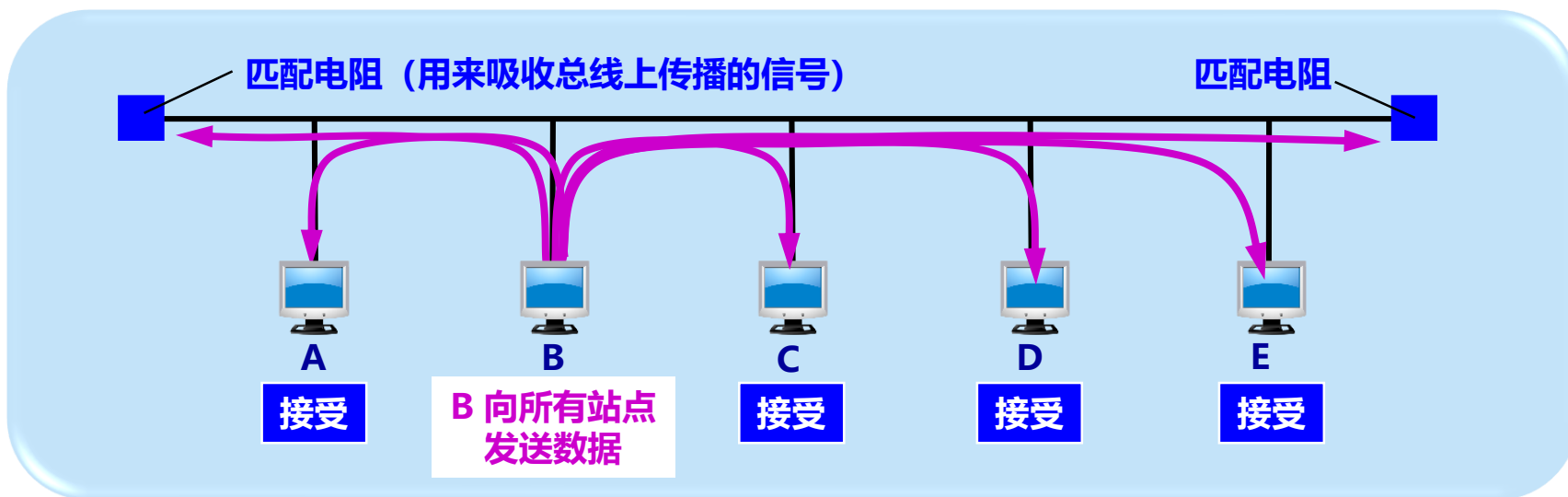
数据链路层的两个子层

- 为了使数据链路层能更好地适应多种局域网标准，IEEE 802 委员会就将局域网的数据链路层拆成两个子层：
 1. 逻辑链路控制 LLC (Logical Link Control)子层；
 2. 媒体接入控制 MAC (Medium Access Control)子层。
- 与接入到传输介质有关的内容都放在 MAC子层，而 LLC 子层则与传输介质无关。

数据链路层

CSMA/CD 协议

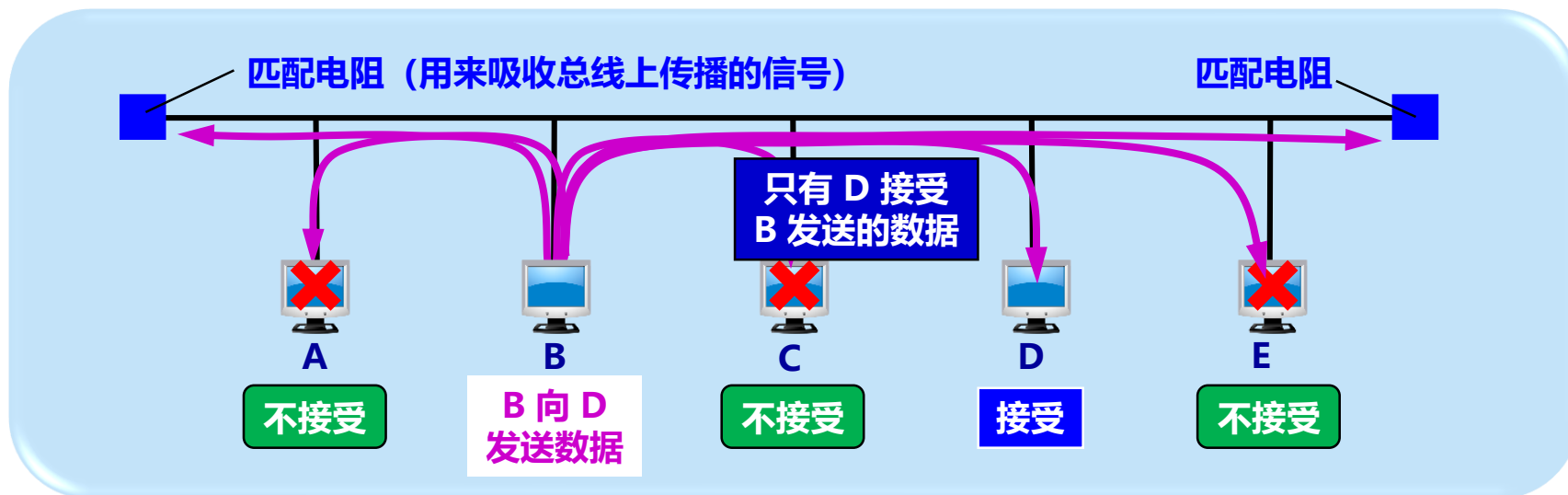
- 最初的以太网是将许多计算机都连接到一根总线上。易于实现广播通信。当初认为这样的连接方法既简单又可靠，因为总线上没有有源器件。



数据链路层

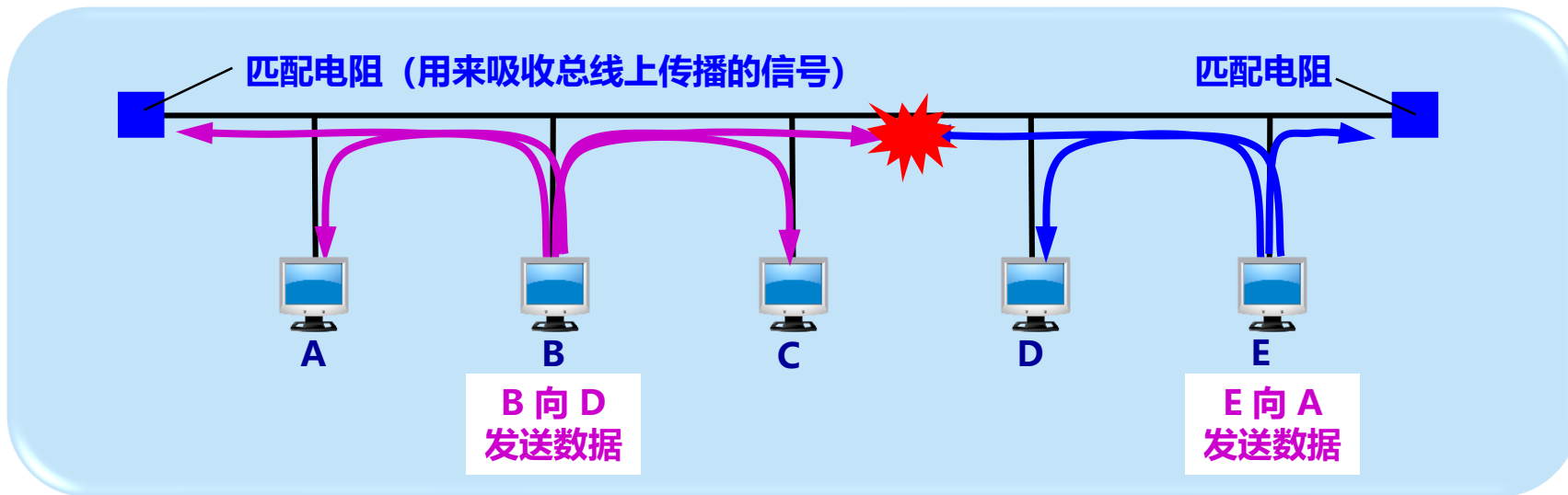
CSMA/CD 协议

- 为了实现**一对一**通信，将接收站的硬件地址写入帧首部中的**目的地址**字段中。仅当数据帧中的目的地址与适配器的硬件地址一致时，才能接收这个数据帧。



CSMA/CD 协议

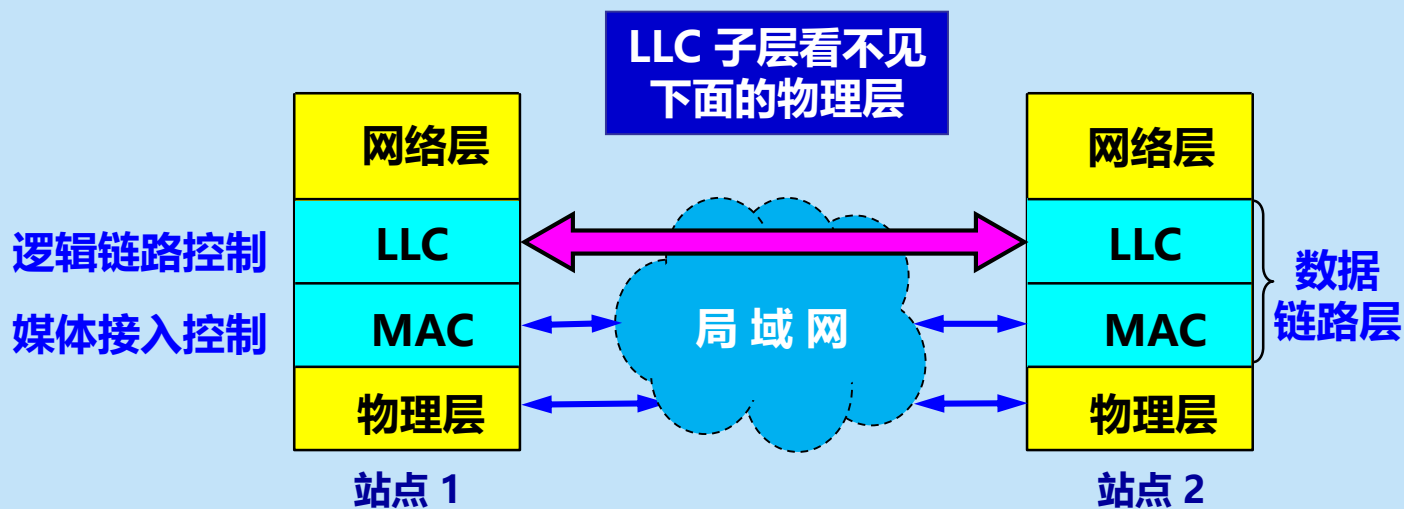
- 总线也有**缺点**。若多台计算机或多个站点同时发送时，会产生发送碰撞或冲突，导致发送失败。



- CSMA/CD 含义：**载波监听多点接入 / 碰撞检测** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)。

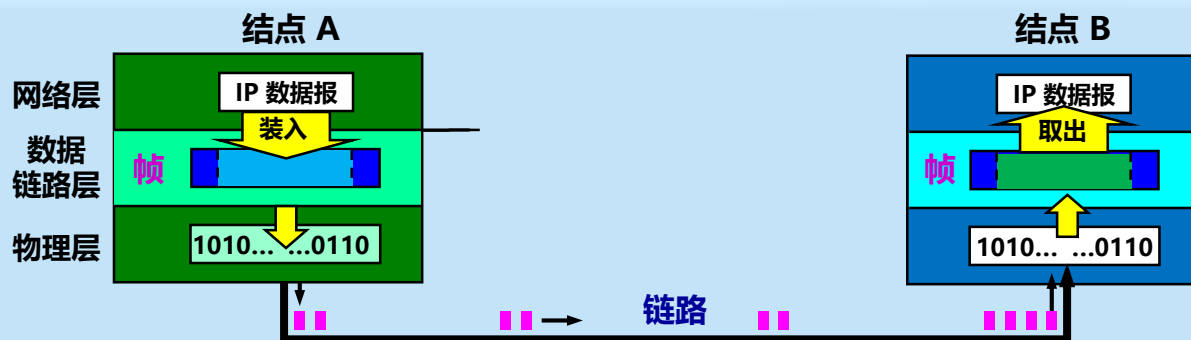
数据链路层

物理层对 LLC 子层是透明的



数据链路层

数据链路层传送的是帧



(a) 三层的简化模型



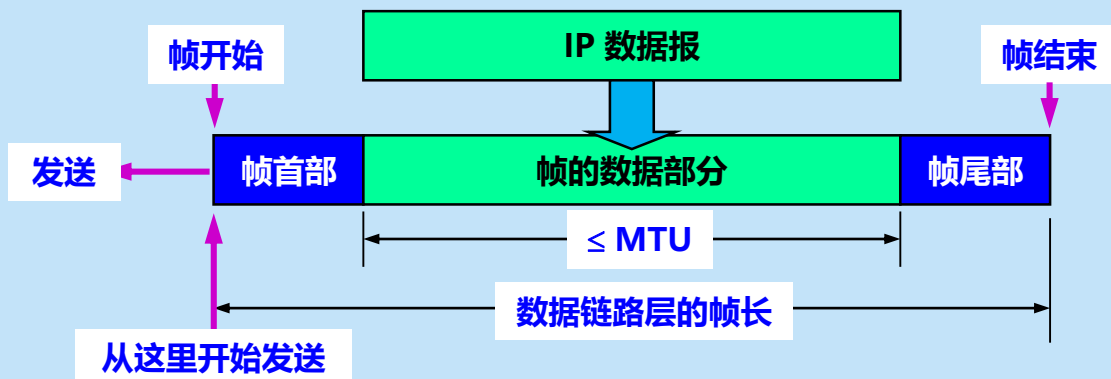
(b) 只考虑数据链路层

使用点对点信道的数据链路层

数据链路层

封装成帧

- **封装成帧** (framing) 就是在一段数据的前后分别添加首部和尾部，然后就构成了一个帧。
- 首部和尾部的一个重要作用就是进行**帧定界**。

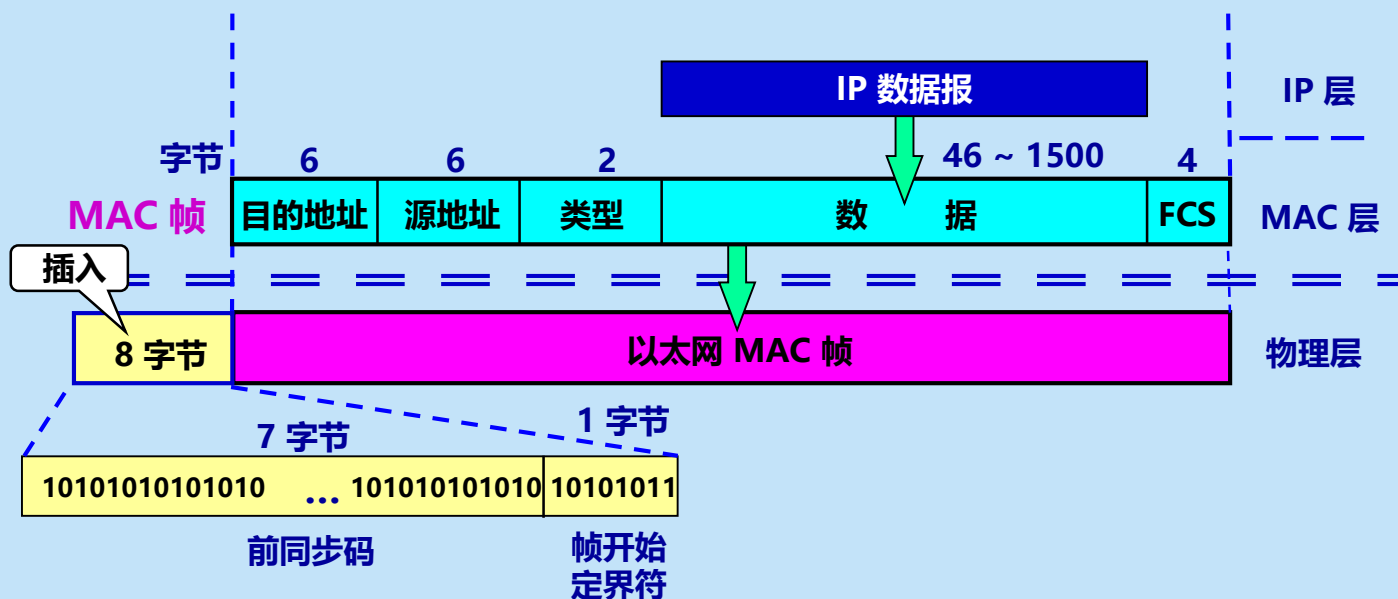


用帧首部和帧尾部封装成帧

数据链路层

MAC 帧的格式

- 常用的以太网 MAC 帧格式有两种标准：
 - DIX Ethernet V2 标准
 - IEEE 的 802.3 标准
- 最常用的 MAC 帧是以太网 V2 的格式。



数据链路层

硬件地址

- 在局域网中，**硬件地址**又称为**物理地址**，或 **MAC 地址**。
- 802 标准所说的“地址”严格地讲应当是每一个站的“**名字**”或**标识符**。

请注意，如果连接在局域网上的主机或路由器安装有多个适配器，那么这样的主机或路由器就有多个“地址”。更准确些说，这种 48 位“地址”应当是某个接口的标识符。

数据链路层

48 位的 MAC 地址

- IEEE 802 标准规定 MAC 地址字段可采用 6 字节 (48位) 或 2 字节 (16 位) 这两种中的一种。
- IEEE 的注册管理机构 RA 负责向厂家分配地址字段 6 个字节中的前三个字节 (即高位 24 位), 称为**组织唯一标识符**。
- 地址字段 6 个字节中的后三个字节 (即低位 24 位) 由厂家自行指派, 称为**扩展唯一标识符**, 必须保证生产出的适配器没有重复地址。



48 位的 MAC 地址

- 一个地址块可以生成 2^{24} 个不同的地址。这种 48 位地址称为 MAC-48, 它的通用名称是 EUI-48。
- 生产适配器时, 6 字节的 MAC 地址已被固化在适配器的 ROM, 因此, MAC 地址也叫做**硬件地址** (hardware address) 或**物理地址**。
- “MAC 地址” 实际上就是适配器地址或适配器标识符 EUI-48。

数据链路层

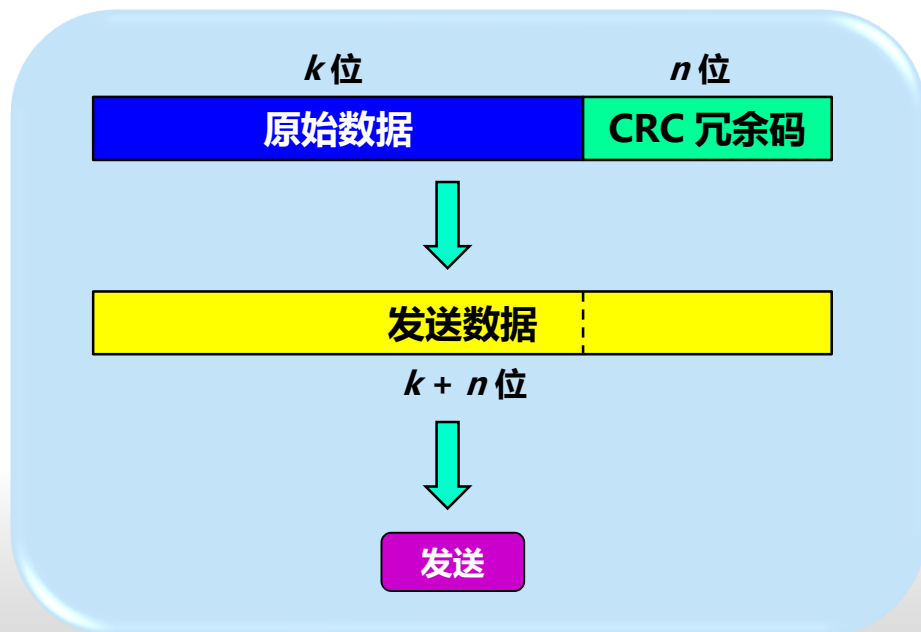
适配器检查 MAC 地址

- 适配器从网络上每收到一个 MAC 帧就先用硬件检查 MAC 帧中的 MAC 地址。
 1. 如果是发往本站的帧则收下，然后再进行其他的处理。
 2. 否则就将此帧丢弃，不再进行其他的处理。
- “发往本站的帧” 包括以下三种帧：
 1. 单播 (unicast) 帧 (一对一)
 2. 广播 (broadcast) 帧 (一对全体)
 3. 多播 (multicast) 帧 (一对多)
- 所有的适配器都至少能够识别前两种帧，即能够识别单播地址和广播地址。
- 有的适配器可用编程方法识别多播地址。
- 只有目的地址才能使用广播地址和多播地址。
- 以混杂方式 (promiscuous mode) 工作的以太网适配器只要“听到”有帧在以太网上传输就都接收下来。

数据链路层

差错检测

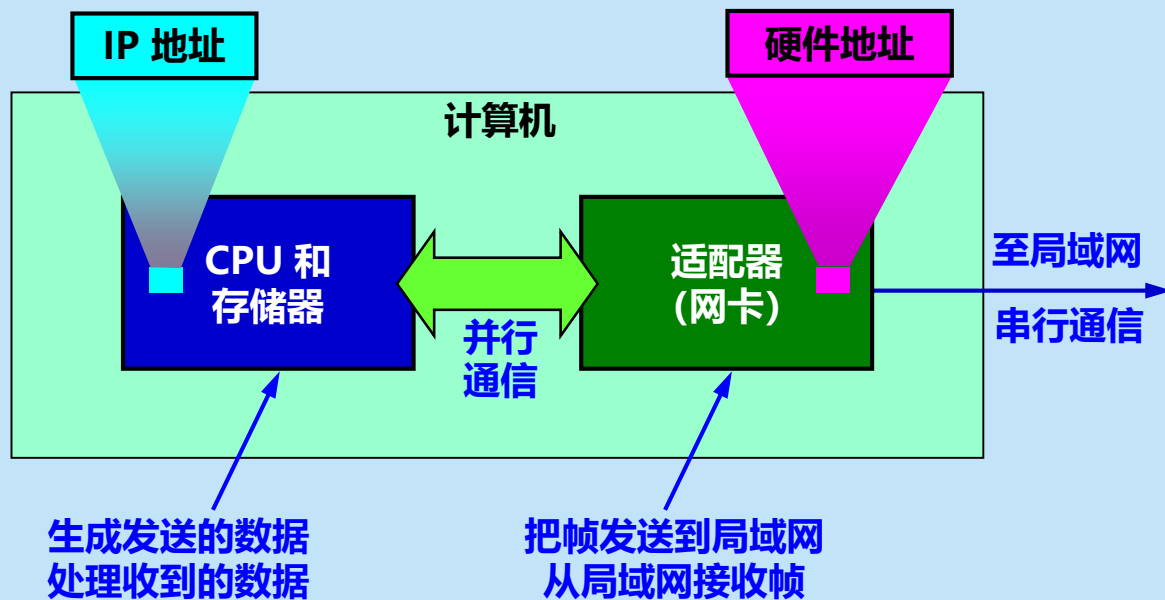
- 在一段时间内，传输错误的比特占所传输比特总数的比率称为**误码率** BER (Bit Error Rate)。
- 误码率与信噪比有很大的关系。
- 为了保证数据传输的可靠性，在计算机网络传输数据时，必须采用各种差错检测措施。
- 在数据链路层传送的帧中，广泛使用**循环冗余检验** CRC 检错技术。



- 在发送端，先把数据划分为组。假定每组 k 个比特。
- 在每组 M 后面再添加供差错检测用的 n 位**冗余码**，然后一起发送出去。

数据链路层

计算机通过适配器和局域网进行通信

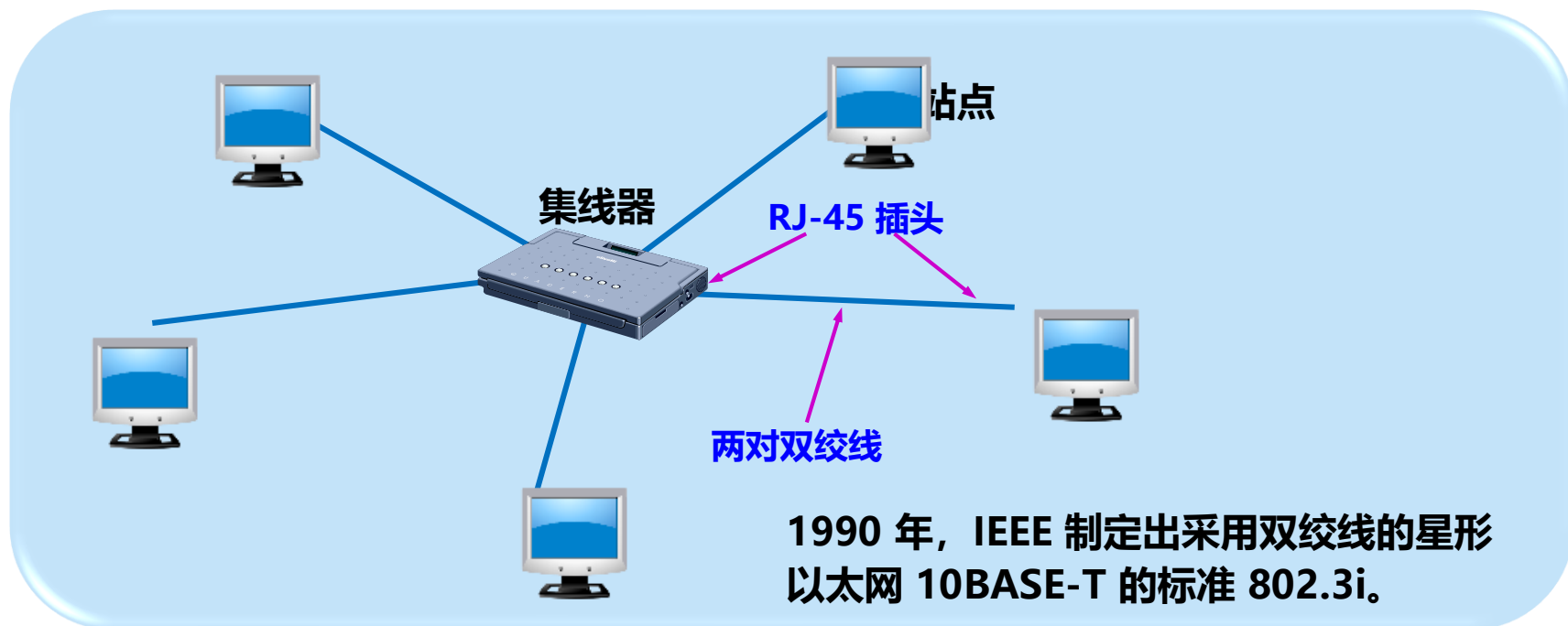


□ 物理层

□ 数据链路层

- 数据链路层基本概念
- 介质访问控制
- 逻辑链路控制
- 集线器、交换机

使用集线器的双绞线以太网



- 传统以太网最初是使用粗同轴电缆，后来演进到使用比较便宜的细同轴电缆，最后发展为使用更便宜和更灵活的双绞线。
- 采用双绞线的以太网采用星形拓扑，在星形的中心则增加了一种可靠性非常高的设备，叫做**集线器** (hub)。

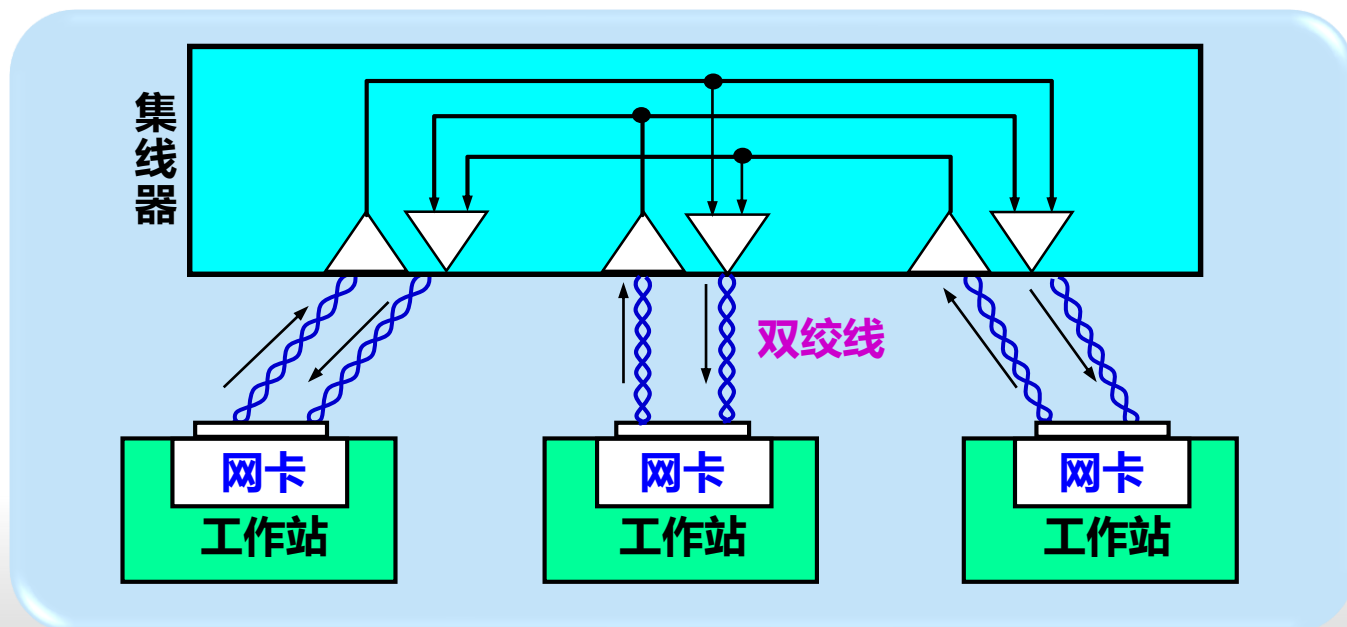
星形以太网 10BASE-T

- 使用无屏蔽双绞线，采用星形拓扑。
- 每个站需要用两对双绞线，分别用于发送和接收。
- 双绞线的两端使用 RJ-45 插头。
- 集线器使用了大规模集成电路芯片，因此集线器的可靠性提高。
- 10BASE-T 的通信距离稍短，每个站到集线器的距离不超过 100m。
- 10 Mbit/s 速率的无屏蔽双绞线星形网的出现，既降低了成本，又提高了可靠性。具有很高的性价比。
- **10BASE-T 双绞线以太网的出现，是局域网发展史上的一个非常重要的里程碑，它为以太网在局域网中的统治地位奠定了牢固的基础。**
- 从此以太网的拓扑就从总线形变为更加方便的星形网络，而以太网也就在局域网中占据了统治地位。

数据链路层

集线器的一些特点

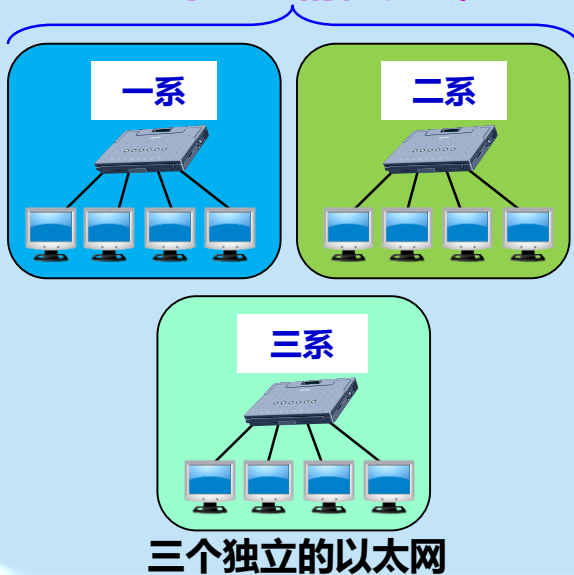
- 集线器是使用电子器件来模拟实际电缆线的工作，因此整个系统仍然像一个传统的以太网那样运行。
- 使用集线器的以太网在逻辑上仍是一个总线网，各工作站使用的还是 CSMA/CD 协议，并共享逻辑上的总线。
- 集线器很像一个多接口的转发器，工作在物理层。
- 集线器采用了专门的芯片，进行自适应串音回波抵消，减少了近端串音。



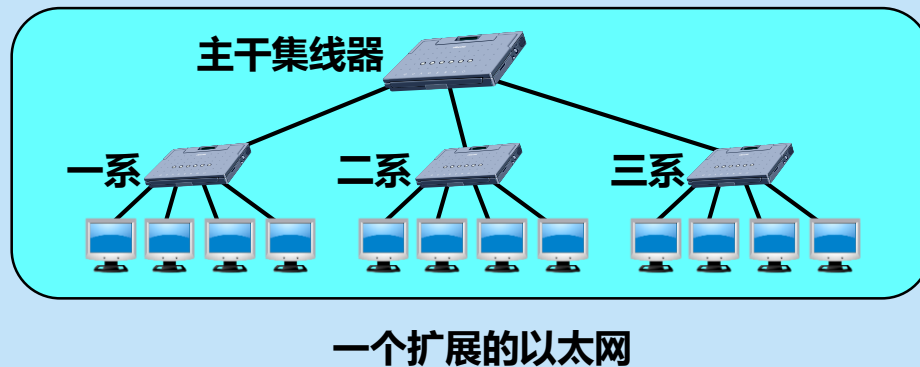
在物理层扩展以太网

- **使用集线器扩展：**将多个以太网段连成更大的、多级星形结构的以太网。

三个独立的碰撞域



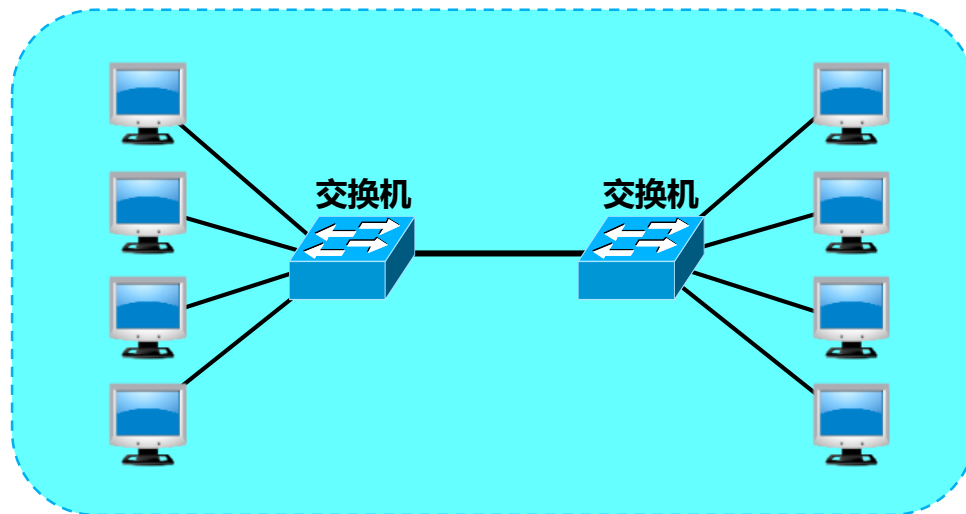
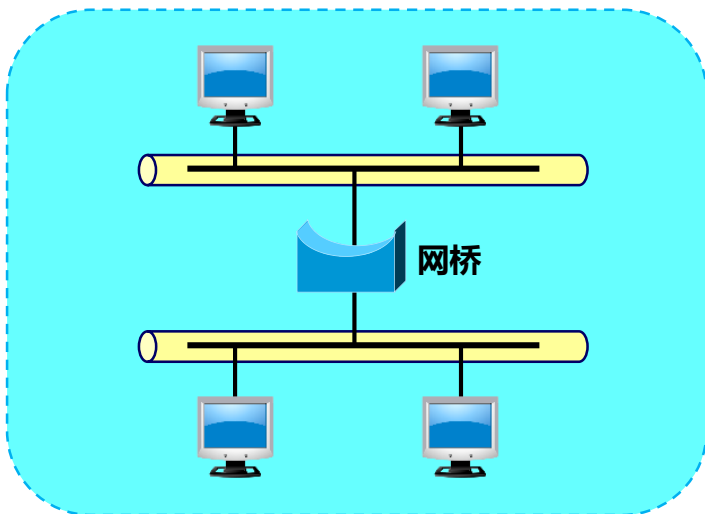
一个更大的碰撞域



数据链路层

在数据链路层扩展以太网

- 扩展以太网更常用的方法是在数据链路层进行。
- 早期使用**网桥**，现在使用以太网**交换机**。



数据链路层

网桥与以太网交换机

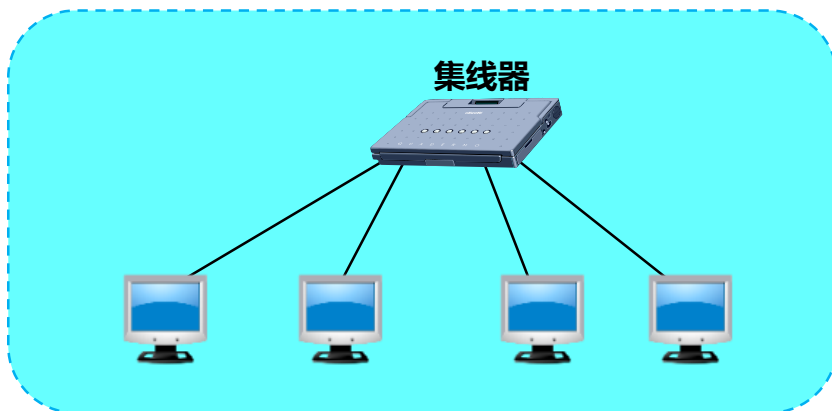
- **网桥工作在数据链路层。**
- 它根据 MAC 帧的目的地址对收到的帧进行转发和过滤。
- 当网桥收到一个帧时，并不是向所有的接口转发此帧，而是先检查此帧的目的 MAC 地址，然后再确定将该帧转发到哪一个接口，或把它丢弃。

- 1990 年问世的交换式集线器 (switching hub) 可明显地提高以太网的性能。
- 交换式集线器常称为**以太网交换机** (switch) 或**第二层交换机** (L2 switch)，强调这种交换机工作在数据链路层。

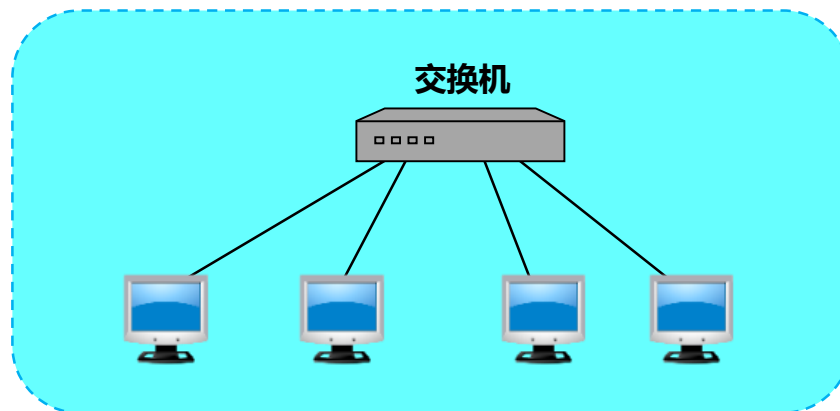
- **以太网交换机的接口有存储器**，能在输出端口繁忙时把到来的帧进行缓存。
- 以太网交换机是一种**即插即用**设备，其内部的帧**交换表**（又称为**地址表**）是通过**自学习算法**自动地逐渐建立起来的。
- 以太网交换机使用了**专用的交换结构芯片**，用硬件转发，其转发速率要比使用软件转发的网桥快很多。
- **以太网交换机的性能远远超过普通的集线器**，而且价格并不贵。

以太网交换机的优点

- 用户独享带宽，增加了总容量。



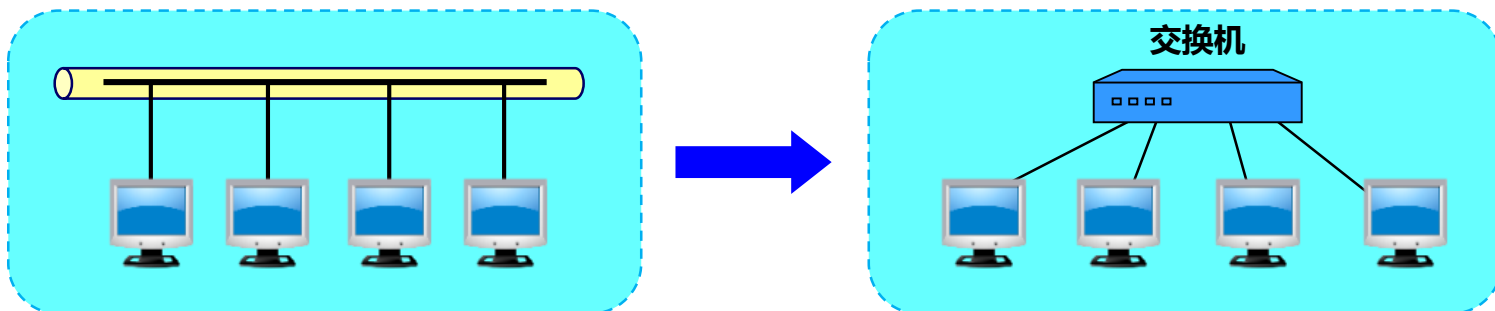
- N 个用户共享集线器提供的带宽 B 。
- 平均每个用户仅占有 B/N 的带宽。



- 交换机为每个端口提供带宽 B 。
- N 个用户，每个用户独占带宽 B 。
- 交换机总带宽达 $B \times N$ 。

从总线以太网到交换机星形以太网

- 早期，以太网采用无源的总线结构；总线以太网使用 CSMA/CD 协议，以半双工方式工作。
- 现在，采用以太网交换机的星形结构成为以太网的首选拓扑。
- 以太网交换机不使用共享总线，没有碰撞问题，因此不使用 CSMA/CD 协议，以全双工方式工作。但仍然采用以太网的帧结构。



谢 谢

请不要将课件上传到公共网络平台上~~