
第1章 计算机网络和因特网

网络核心和接入网

任课老师：周军海

Email:rj_zjh@hnu.edu.cn

网络核心和接入网

教学重点:

- ✓ 了解网络核心的内部构造
- ✓ 掌握接入网和无线媒体的基础知识
- ✓ 熟练掌握电路交换和分组交换的概念及工作原理

教学难点:

- ✓ 熟练掌握电路交换和分组交换的概念及工作原理

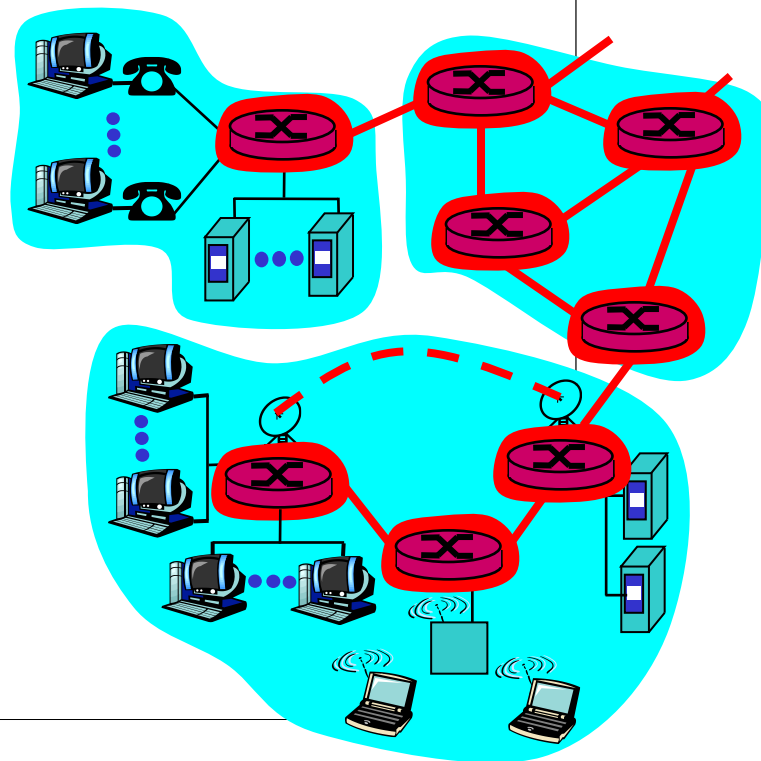
1.3 网络核心

- 网络
- 状网
- 基本
- 网络
- 电
- 分

1.3.1 目

1.3.2 分

形成的网



1.3.1 电路交换和分组交换

❑ 电路交换 (circuit switching)

- **预留端到端资源**：预留端系统之间通信路径上所需的资源 (缓存, 链路带宽)。建立连接。
- 发送方**以恒定速率**向接收方**传送数据**。
如, 电话网络。

❑ 分组交换 (packet switching)

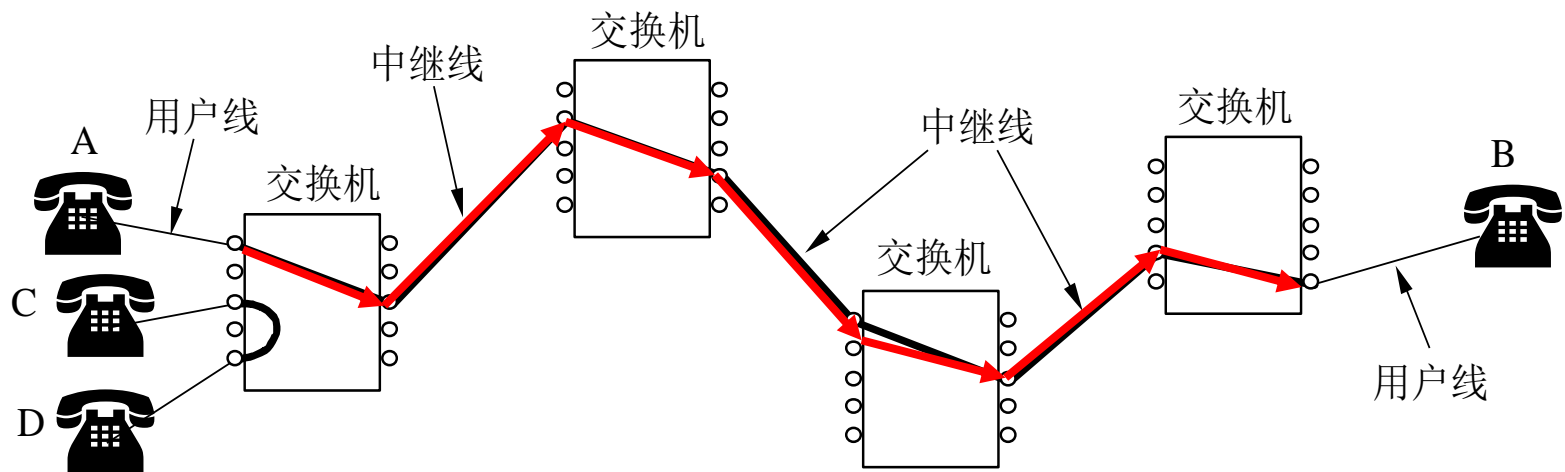
- **不需要资源预留**
- **按需使用资源, 可能要排队等待**：同时有其它分组发送。
如, 因特网。

1、电路交换工作原理

通信双方必须先建立一个**专用的连接（电路）**，一直维持，直到通信结束。

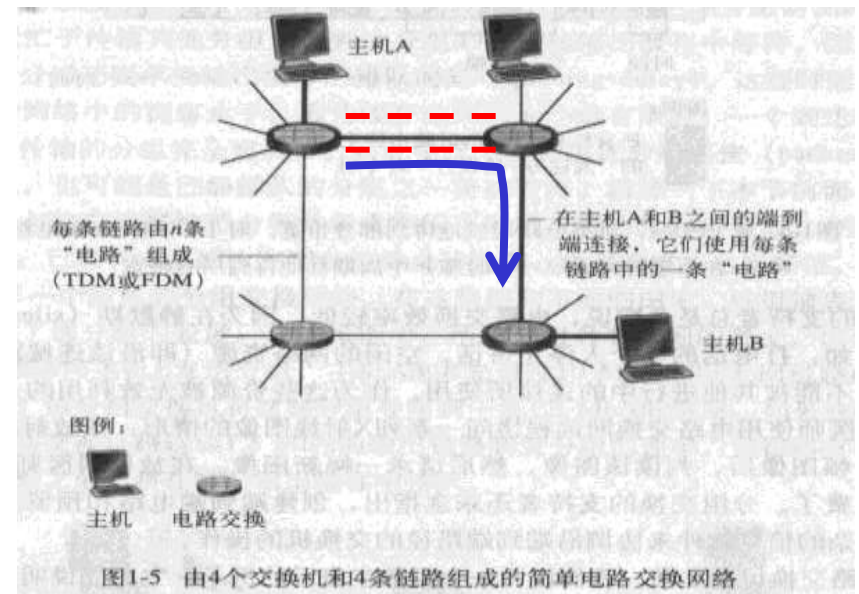
如，电话网络。

通话过程：拨号 → 接通 → 通信 → 挂机



例，电路交换网络

- ❑ 每个链路可有 n 条电路，能够支持 n 条同步连接。
- ❑ 通信过程：
 - ✓ 在两台主机A、B之间创建一条**专用的端到端连接**，分别占用每条链路中的一条电路；
 - ✓ 该连接获得链路带宽的 $1/n$ ，进行通信。



2、电路交换网络中的多路复用

多路复用：在一条传输链路上同时**建立多条连接**，分别传输数据。

❑ 频分多路复用**FDM**(*frequency-division multiplexing*)

链路的频谱由跨越链路创建的连接所共享。

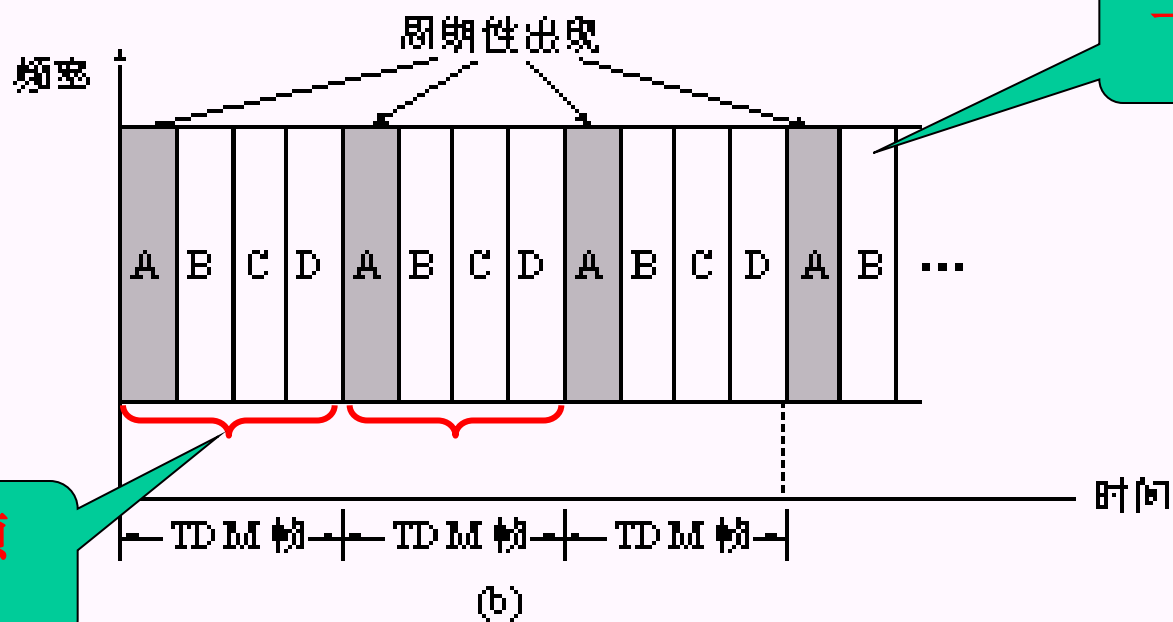
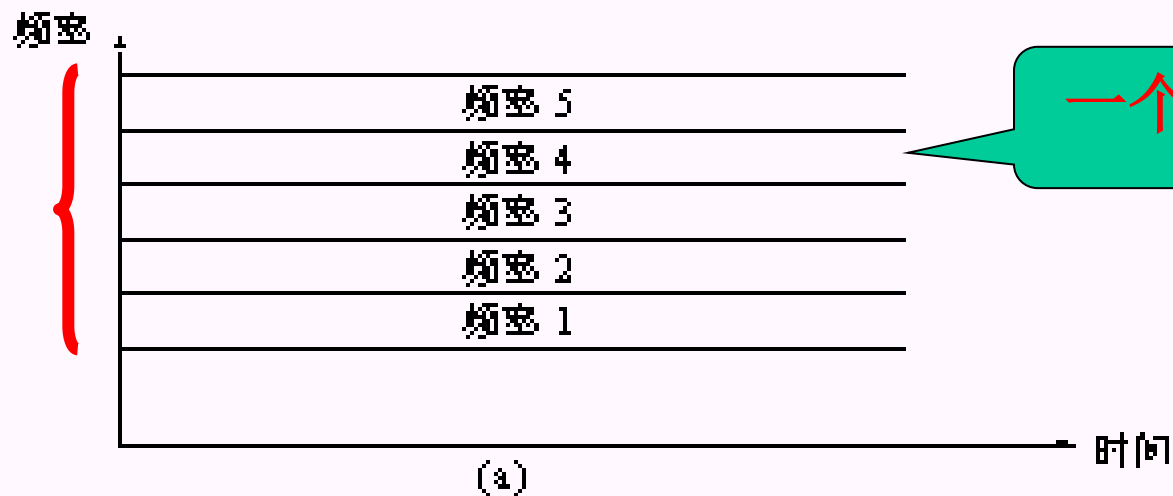
✓ 按频率划分若干**频段**，每个频段专用于一个连接。

✓ **带宽bandwidth**：频段的宽度。如，4kHz。

❑ 时分多路复用**TDM**(*time-division multiplexing*)

时间划分为固定区间的**帧**，每帧再划分为固定数量的**时隙**，每一个时隙专用于一个连接，用于传输数据。

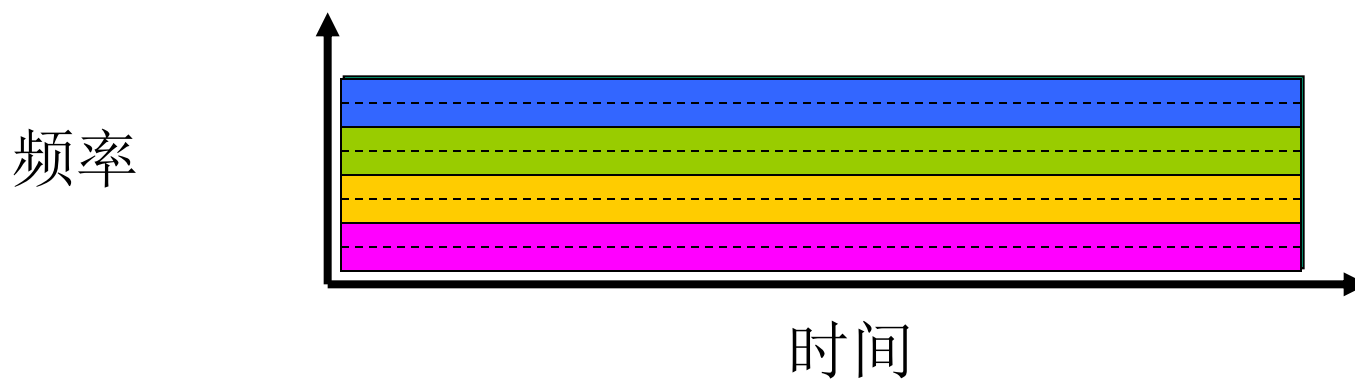
链路频谱



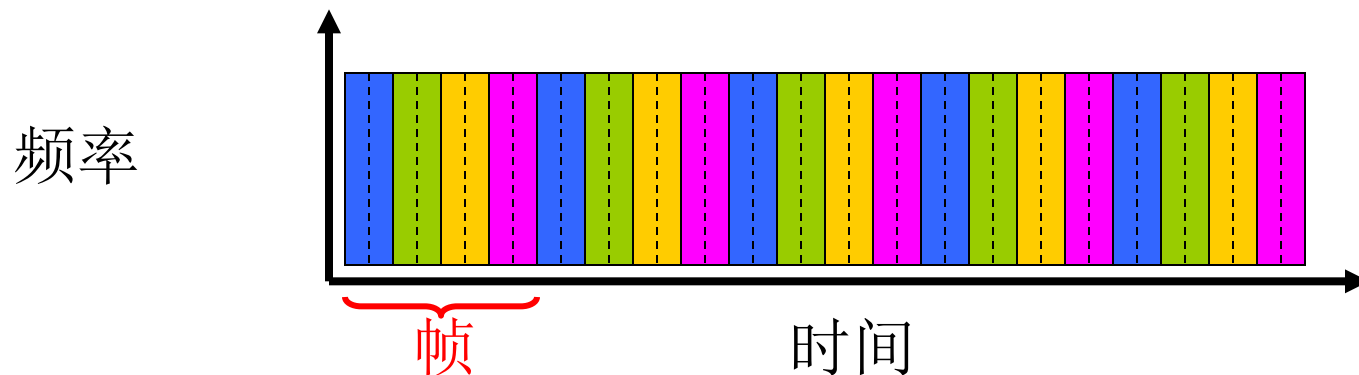
例：4个用户复用



FDM: 划分4个频段



TDM: 每个帧划分4个时隙



3、电路交换缺陷

- ❑ 效率较低：

静默期（无数据传输） 专用电路空闲，网络资源被浪费；

- ❑ 创建端到端电路及预留端到端带宽的过程复杂。

例：发送一个文件的时间

- 从主机A到主机B。已知：
 - 文件大小640kb，链路传输速率是1.536 Mb/s
 - 每条链路使用具有24个时隙的TDM
 - 创建端到端电路需500 ms
- 发送一个文件时间=创建电路时间+文件传输时间
 - ✓ 文件传输时间：文件大小/电路的传输速率
 - ✓ 每条电路的传输速率：链路传输速率/时隙数
 $(1.536 \text{ Mb/s}) / 24 = 64 \text{ kb/s}$
 - ✓ 文件传输时间： $640 \text{ kb} / (64 \text{ kb/s}) = 10 \text{ s}$
 - ✓ A到B的总发送时间： $0.5 \text{ s} + 10 \text{ s} = 10.5 \text{ s}$



1、工作原理

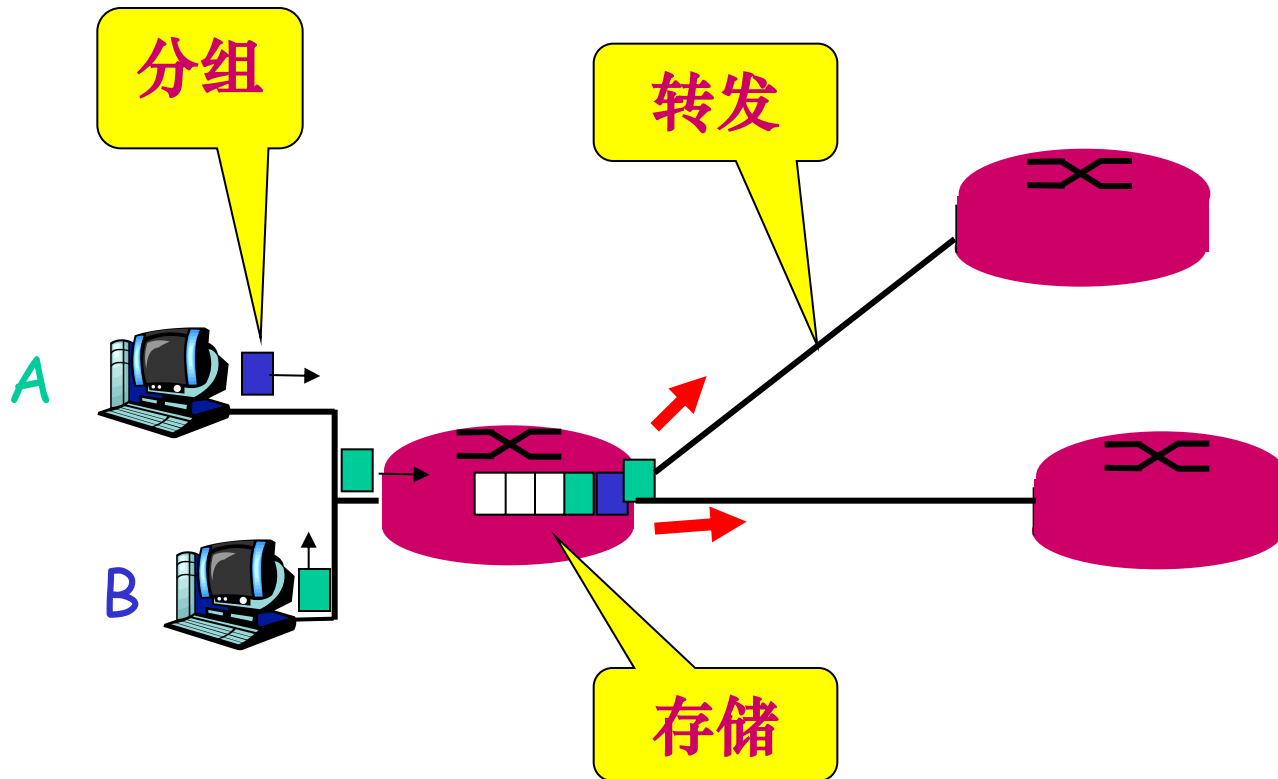
报文(message): 应用程序要传输的信息。包含需要的任何内容。如，控制功能或数据。

□ 工作过程

- ✓ 源端将报文划分为较小的**数据块 (分组packet)**；
- ✓ 每个分组通过一系列链路和分组交换机传送，直到目的端
- ✓ 目的端恢复原报文。
- **分组以链路的最大传输速率传输。**
- **传输过程中采用存储转发传输机制。**

2、存储转发传输

分组交换机先将输入端的整个分组接收下来（**存储**），再从输出链路转发传输出去（**转发**）。



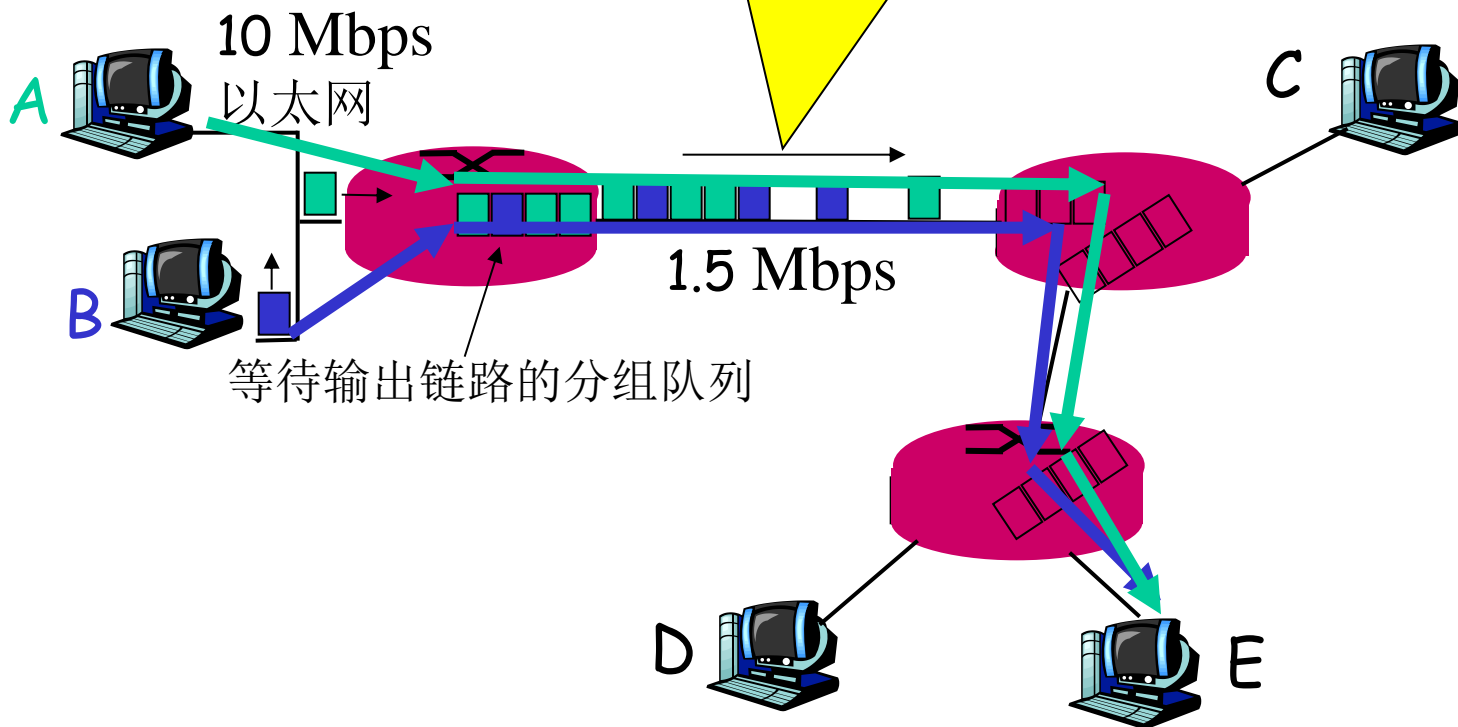
相关参数

- ✓ **传输时延**：将一个分组的所有比特推送到输出链路上所需时间。若一个分组长 L bit，链路速率 R ，该时延是 L/R s。
- ✓ **输出缓存（输出队列）**：用于保存准备发往某个链路的分组。每条相连的链路都对应有一个输出缓存。
- ✓ **排队时延**：分组在输出缓存中等待转发的时间。

某条链路上要转发的分组多，需在其输出缓存中等待。排队时延是变化的，与网络中的拥塞有关。
- ✓ **分组丢失**：当缓存空间已满时，有的分组要被丢弃。

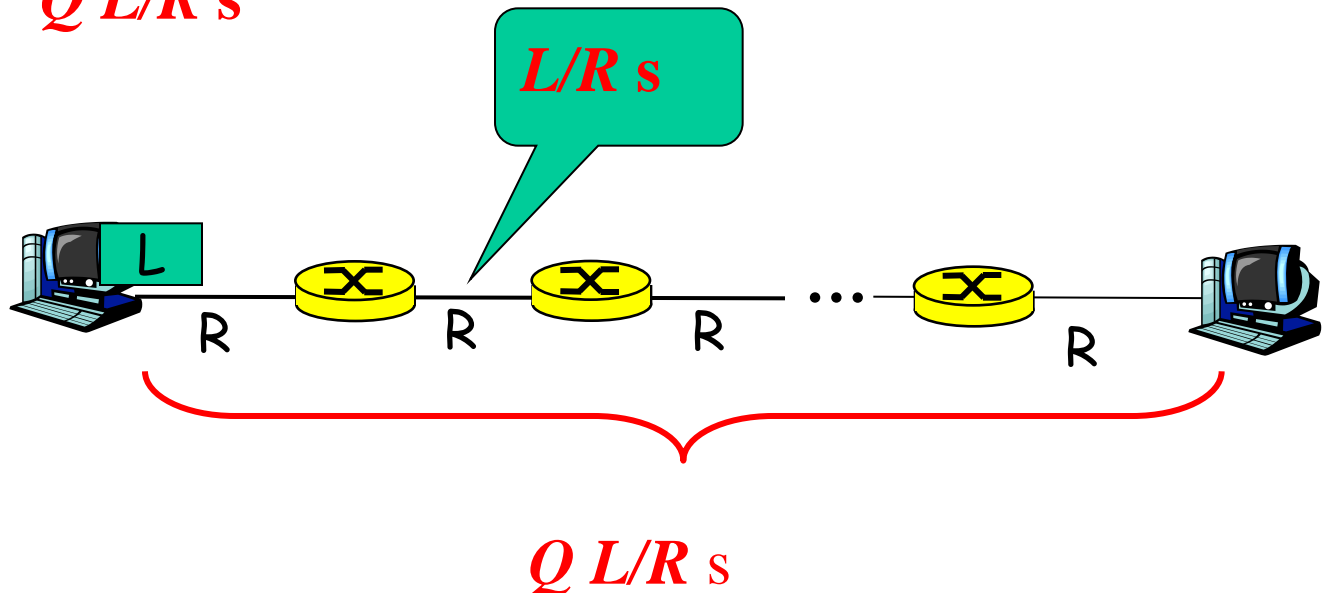
例，一个简单的分组交换网络

两对主机通信：A→E 统计复用：按需分配资源。
如A和B分组没有固定的顺序。



例：发送一个文件的时间

- 设两台主机之间有 Q 段链路，每条速率是 $R\text{bit/s}$ ，分组长 $L\text{bit}$ ，忽略排队时延和端到端传播时延。
- ✓ 每条链路传输时延： $L/R\text{ s}$
- ✓ 经过中间路由器存储转发 $Q-1$ 次到目的地。
- ✓ 总时延： $Q L/R\text{ s}$



P17. 如果分组数目为 P ，经过 N 条链路序列的时延是多少？

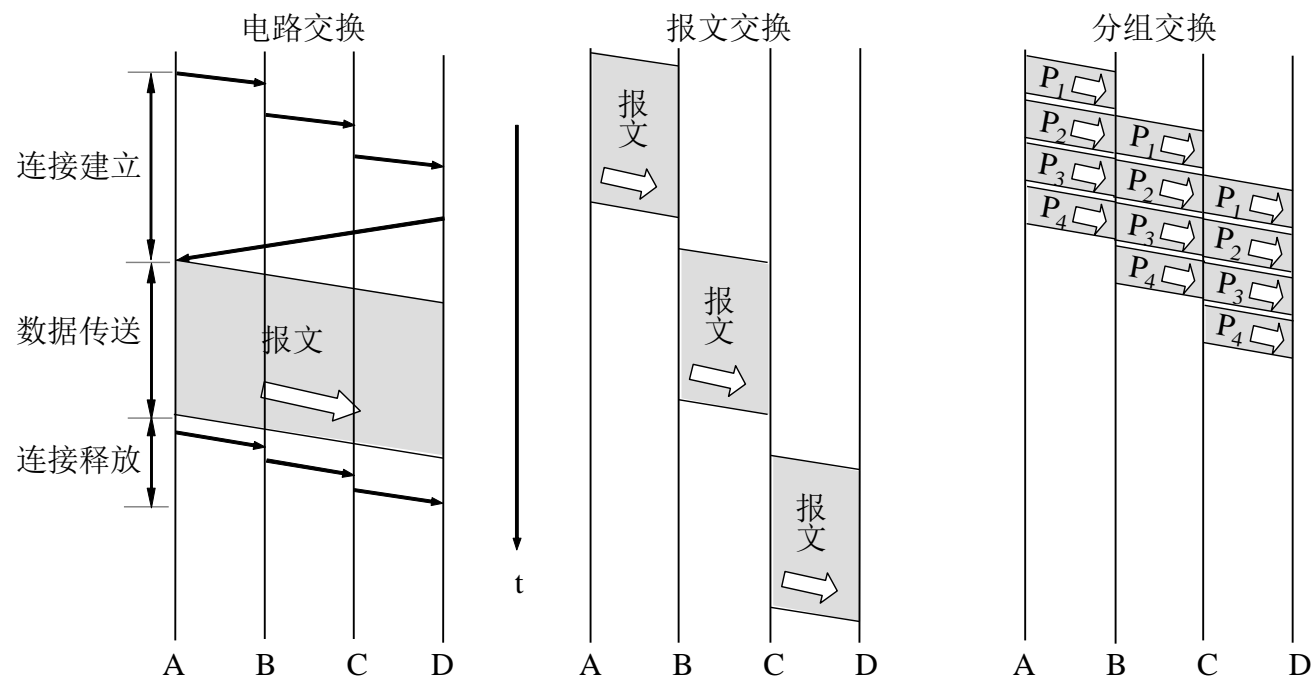
报文交换

将要发送的整个信息作为一个报文发送。

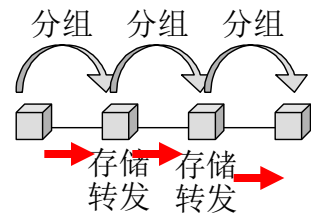
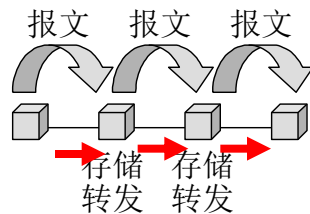
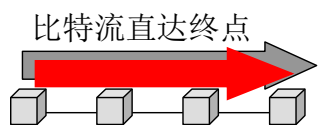
采用**存储转发技术**：整个报文先传送到相邻结点，全部存储下来，再转发到下一个结点。

几种交换技术对比

- **电路交换**：整个报文的比特流连续地从源点直达终点，好像在一个管道中传送。
- **报文交换**：整个报文先传送到相邻结点，全部存储下来后，再转发到下一个结点。
- **分组交换**：单个分组（只是整个报文的一部分）传送到相邻结点，存储下来后，再转发到下一个结点。



数据传送
的特点



两者比较

- ✓ **电路交换效率不高**：预先分配传输链路，空闲时，浪费链路时间。
- ✓ **分组交换不适合实时服务**：端到端时延不确定；
- ✓ **分组交换带宽共享好**，简单，有效，成本更低。
- ✓ 分组交换按需分配链路，**利用率高**。

□ 发展趋势：

广泛使用分组交换，电路交换电话网向分组交换转变。

1.3.2 分组交换网络

在源和目的主机之间**通过一系列分组交换机转发分组。**

□ **类型：**

✓ **虚电路网络：**

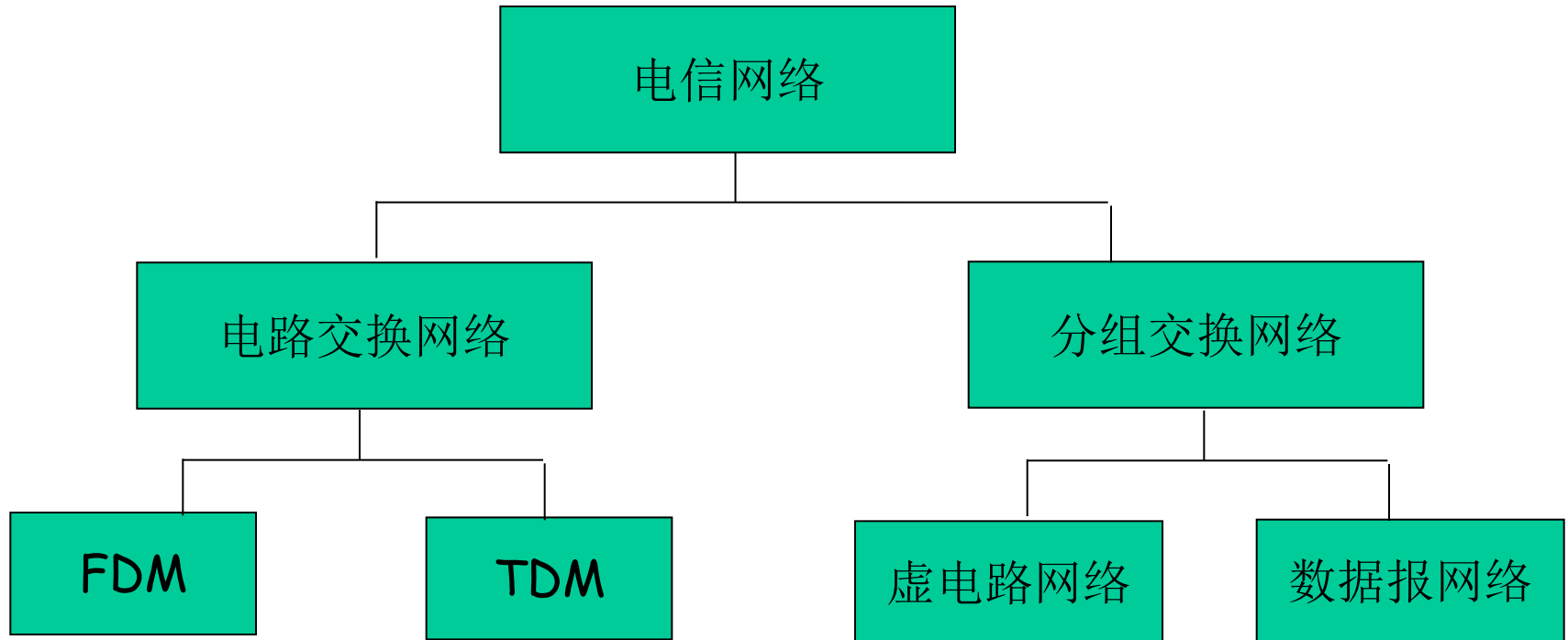
✓ **数据报网络：**

两者在建立路由和管理选路方面存在不同。

比较

- ❑ **虚电路网络**：交换机根据**虚电路号**转发分组。
 - ✓ 源和目的主机之间**先建立虚连接**（虚电路）
 - ✓ 每个虚电路指定一个**标识符 ID**；
 - ✓ 分组带有标识符 ID，决定下一跳（转发路径）
如，X.25、帧中继FR和异步传递方式ATM
- ❑ **数据报网络**：交换机根据**目的地址**转发分组。
 - ✓ **不需建立连接**
 - ✓ 每个分组带有目的地址，决定下一跳（转发路径）
如，**因特网**。

根据工作方式分



根据作用范围分

□ 局域网LAN(local area network):

范围较小，几公里左右，一幢楼房或一个单位。

一般将微机通过高速通信线路相连，速率高，通常在100Mb/s以上。

□ 城域网或市域网MAN(metropolitan area network):

范围在广域网和局域网之间，例如一个城市。

传送速率比WAN高，范围约几~几十公里。

□ 广域网WAN(wide area network):

范围通常为几十~几千公里。也称为远程网。

根据使用范围分

- ❑ **公用网 (Public Network) :**

面向大众，交费就可使用。

- ❑ **专用网 (Private Network):**

只为本单位内使用。

1.4 接入网和物理媒体

接入网

边缘路由器

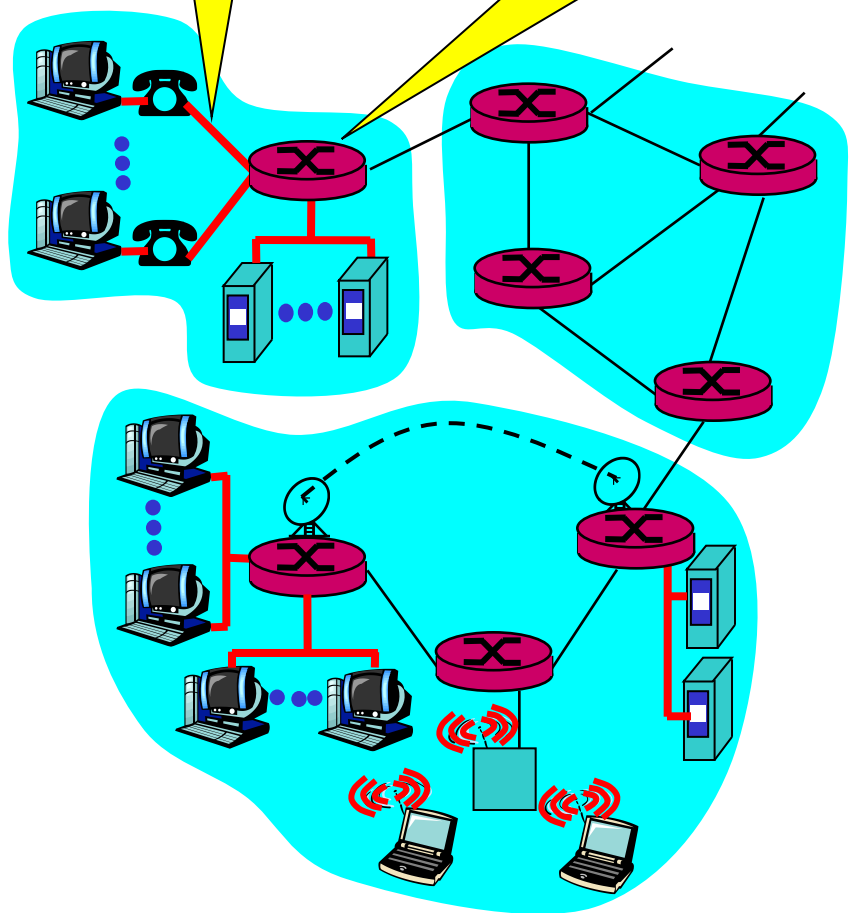
□ 接入网 (network access):

将端系统连接到其边缘路由器的物理链路。

是用户连接到网络的基础设施。

□ 边缘路由器 (edge router):

端系统到任何其他远程端系统的路径上的第一台路由器。



1.4.1 网络接入

1.4.2 物理媒体

1.4.1 网络接入

- ❑ 解决的问题: 端系统怎样连接到边缘路由器?
- ❑ 接入方式:
 - ✓ 住宅接入 (家庭用户)
 - ✓ 公司接入 (学校、单位)
 - ✓ 无线接入 (移动设备)

一、住宅接入

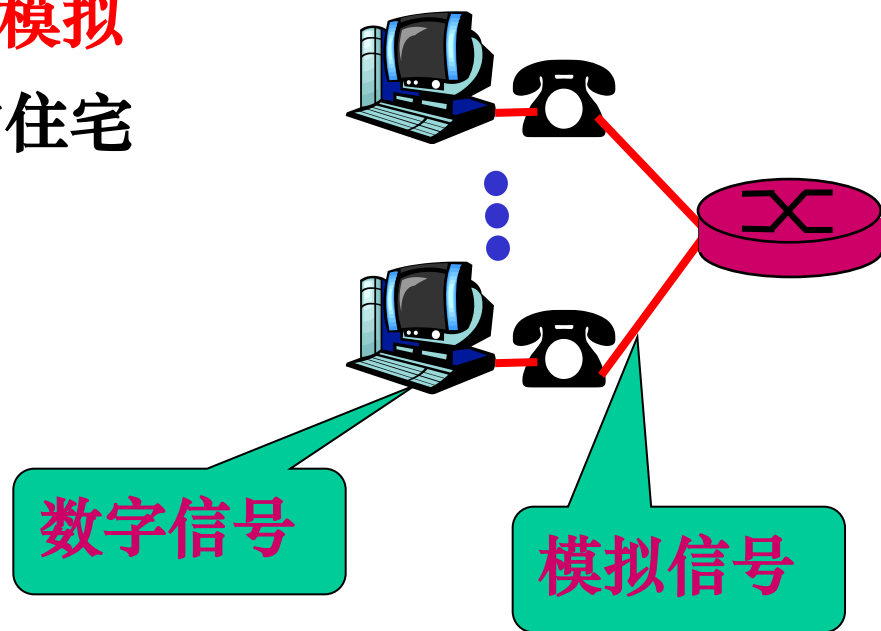
将家庭端系统（如PC）与边缘路由器相连接。

- 1、通过拨号调制解调器(*dial-up modem*)
- 2、新型宽带接入技术

1、通过拨号调制解调器

将家庭端系统**通过普通模拟电话线**用**拨号调制解调器**与住宅ISP相连。

常用的形式。



□ 调制解调器MODEM功能:

- ✓ **调制:** 将**数字**信号转换成**模拟**信号。
- ✓ **解调:** 将**模拟**信号转换成**数字**信号。

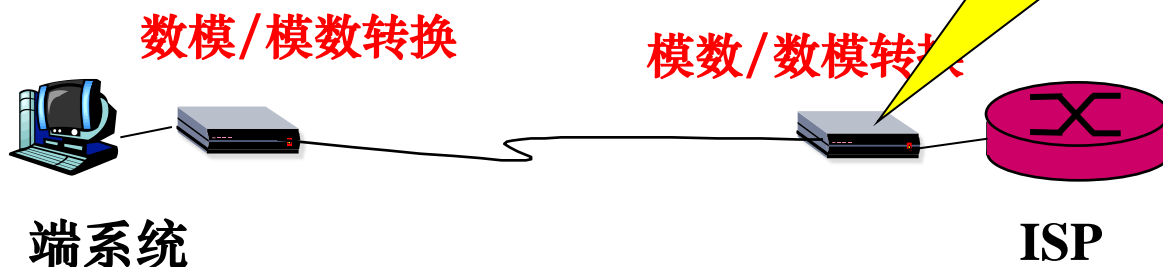
模拟信号和数字信号

- ❑ **模拟信号**：用连续变化的电磁波表示数据，可以按照不同频率在链路上传输。
- ❑ **数字信号**：用一系列电压脉冲表示数据，可用正、负两种电平表示“1”、“0”。



网络接入是沿着一条点对点拨号电话线的一对调制解调器。

点对点接入



- **端系统方发送:** MODEM将PC输出的数字信号转换为模拟形式，在模拟电话线（双绞线）上传输。
- **ISP方接收:** MODEM再将模拟信号转换回数字形式，作为ISP路由器输入。

缺陷:

- ❑ 用户有效速率低于56kbps: 双绞线质量低。

下载时间长。如下载一首3分钟的MP3歌曲大约需要8分钟。

- ❑ 不能同时上网和拨打普通电话:

不能“总是在线”。

2、新型宽带接入技术

- ✓ 为住宅用户**提供更高的数据传输率**；
- ✓ 用户可以**同时上网和打电话**。
- **常用类型：**
 - ✓ **数字用户线DSL** (*digital subscriber line*)
 - ✓ **混合光纤同轴电缆HFC** (*hybrid fiber coaxial cable*)
 - ✓ **光纤到户** (fiber to the homes, FTTH)

科学攻坚，不断创新

- 有“**光纤之父**”称号的**高锟**，一开始提出光纤理论的时候并不被广泛接受，被媒体嘲笑是痴人说梦，但高锟不畏艰难**科学攻坚，不断创新**和改进，最终于2009年获得诺贝尔物理学奖。
- 他的贡献和名声不成正比，美国总统奥巴马说，全世界都欠他一个极大人情！



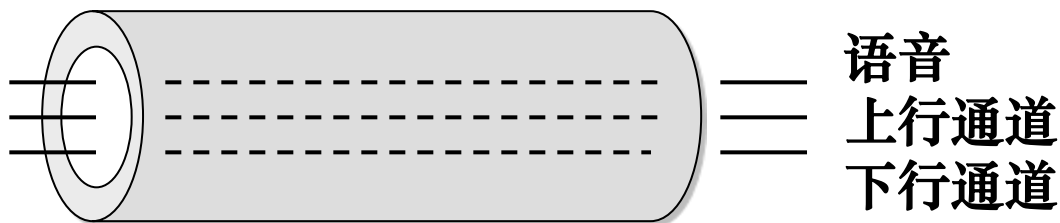
(1) 数字用户线DSL

□ 有多种形式：

如ADSL（不对称）、SDSL（对称）、
HDSL（高速）、VDSL（非常高速）等等。

住宅常用的是**ADSL不对称数字用户线**
(Asymmetrical Digital Subscriber Line) 。

-
- **使用频分复用FDM：**通信链路划分为3个不重叠频段：
 - ✓ 高速下载信道 50 kHz ~ 1 MHz
 - ✓ 中速上载信道 4 kHz ~ 50 kHz
 - ✓ 普通的双向电话信道 0 kHz ~ 4 kHz 用于普通电话
- 安装时可采用**分离器**将入户线划分为**高频和低频**两条线路。

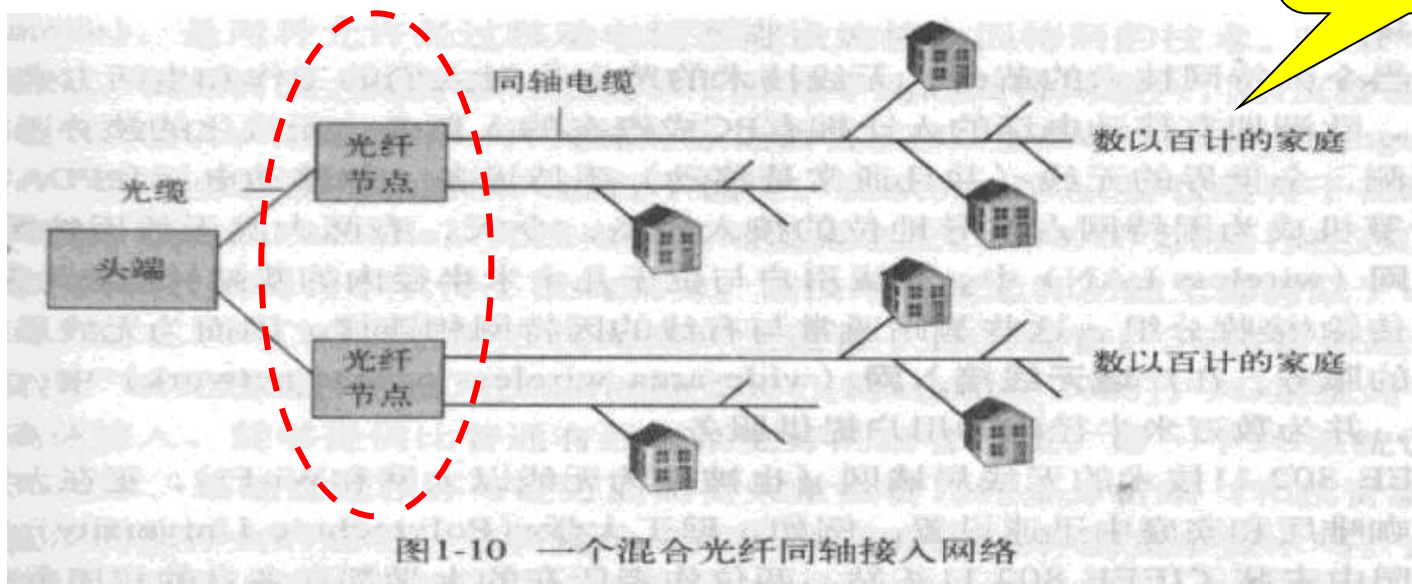


(2) 混合光纤同轴电缆HFC

传统广播电视电缆系统的改进。

- **HFC结构**: 采用同轴电缆和光纤混合接入方式。

500到
5000个

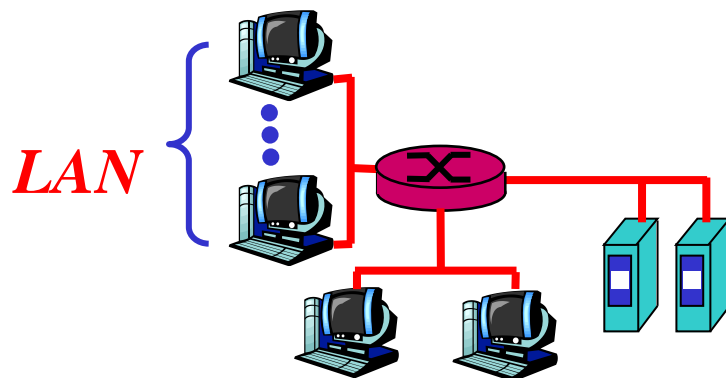


- **传统方式**: 头端 (*head end*)广播通过同轴电缆和放大器的分配网络传向住宅。

二、公司接入

通过局域网(LAN)连接端用户和边缘路由器。

- ✓ 先将多个端系统连接成局域网：如采用以太网技术，用双绞线或同轴电缆将端系统彼此连接。
- ✓ 局域网再与边缘路由器连接：边缘路由器负责与外连接。



以太网技术：

- ✓ 共享以太网：端系统共享以太网的传输速率；
- ✓ 交换以太网：多个用户可同时使用全部带宽通信。

三、无线接入

用于无线移动设备（如移动电话和PDA等）的接入。

- ❑ 无线局域网(*wireless LAN*):
- ❑ 广域无线接入网(*wide-area wireless access network*):

无线局域网(wireless LAN)

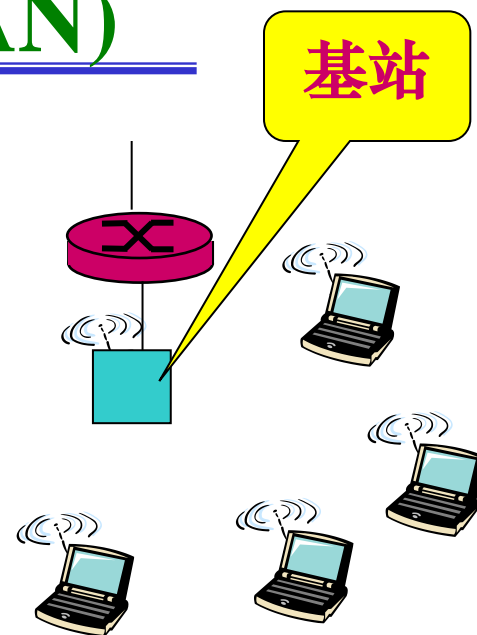
也称为无线以太网

或Wi-Fi (wireless fidelity, 无线保真)。

- ✓ 无线用户通过**基站(无线接入点)**连接
- ✓ **基站与有线的因特网连接**，为无线用户提供服务。
- ✓ 通过**基站**互相通信，覆盖范围约几十米
- ✓ **典型**：IEEE802.11无线局域网。

如：IEEE 802.11n 最高速率600Mbps

Wi-Fi 6 最高速率9.6Gbps



例：家庭混合网络

ADSL或电缆调制解调器与无线局域网技术结合。

- ✓ 无线接入点
- ✓ 路由器
- ✓ 电缆调制解调器

无线接入点

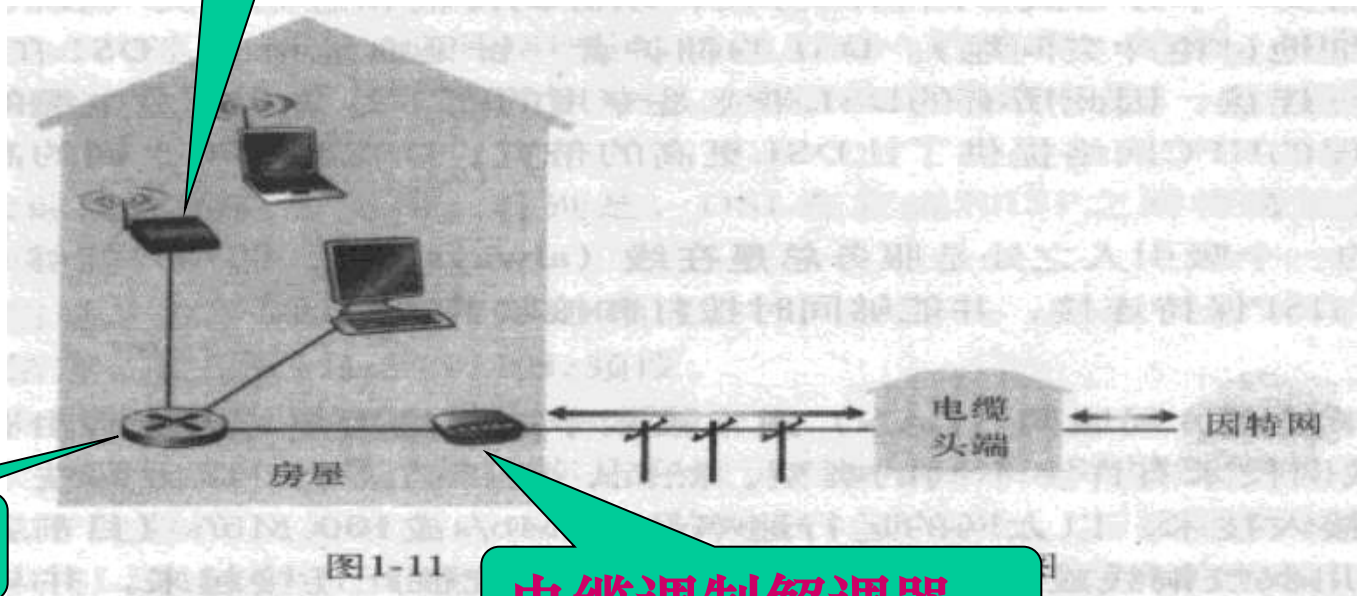


图1-11

路由器

电缆调制解调器

广域无线接入网

- ✓ 基站由电信提供商管理，覆盖范围**数千米**
- ✓ 漫游的用户可利用移动电话接入基站。
- **典型技术：**
 - ✓ 利用**移动电话设施接入**：欧洲的无线接入协议WAP、日本的i模式（i.mode）。
 - ✓ **分组交换接入**：第三代无线3G技术、4G、5G、6G

1.4.2 物理媒体(*physical medium*)

将网络中不同端系统互相连接起来的物理线路。

是进行数据传输的物理通路，通过**传播电磁波或光脉冲**来发送比特流。

也称为传输媒体、传输介质、传输媒介。

□ **分为两大类：**

- ✓ **导引型媒体：**电波沿着固体媒体传播。如双绞线、同轴电缆或光缆等。
- ✓ **非导引型媒体：**电波在空气或外层空间中传播。如无线电等。

双绞线

同轴电缆

光纤

无线电

物理媒体的性能对网络的通信、速度、距离、价格以及网络中的结点数和可靠性都有很大影响。

1、陆地无线电信道

利用无线电波在自由空间传播实现通信。

- ✓ 不需要安装物理线路；
- ✓ 能穿透墙壁、可连接移动用户，长距离传输；
- ✓ 性能与传播环境和传输距离有关。

□ 类型：

✓ 运行在本地区域：

跨越数十到几百米，如无线LAN，100Mbps、1Gbps

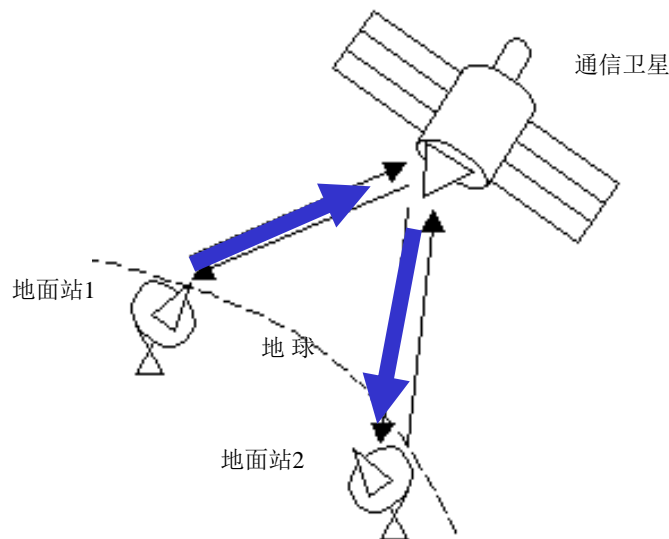
✓ 运行在广域：

跨越数十千米，如WAP、5G技术等，数百 Mbps。

2、卫星无线电信道

通过一颗通信卫星连接两个或多个位于**地球的微波发射方/接收方（地球站）**。

- **卫星**：在**一频段上接收信号**，使用转发器再生信号，并在**另一个频率上发送信号**。带宽可达Gb/s。
- **微波**：频率很高（2~40GHz），在空间是**直线传播**，会穿透电离层而进入宇宙空间，不会经电离层反射传播。



两类卫星

- **同步卫星** (geostationary satellite): **永久地停留**在地球上方的某个固定点上（地球表面上方36000km的轨道）。

从地面站到卫星再回到地面站的传播时延为250ms，速率达数百Mb/s，常用于**电话网和因特网主干**。

- **低纬度卫星**(low-altitude satellite): 较靠近地球，**绕地球旋转**。

对一个区域的连续覆盖，需要在轨道上放置许多卫星。



1. 以太网的MAC协议提供的是_____。

- ☒ A 无连接的不可靠的服务
- ☐ B 无连接的可靠的服务
- ☐ C 有连接的可靠的服务
- ☐ D 有连接的不可靠的服务

提交