

The background of the slide features a large, light gray watermark of the Tsinghua University seal. The seal is circular and contains the university's name in English, "TSINGHUA UNIVERSITY", around the perimeter. In the center, there is a traditional Chinese architectural structure, likely a bell tower, with the year "1911" inscribed below it.

## 第四章

# 物理层接口及其协议



# 主要内容

- 物理层的定义和功能
- 物理层的特性
- 典型的物理层标准接口
- 传输介质
- 网络传输技术



# 物理层的定义和功能

- 物理层的定义

- **ISO/OSI 关于物理层的定义：**物理层提供机械的、电气的、功能的和规程的特性，目的是启动、维护和关闭数据链路实体之间进行比特传输的物理连接。这种连接可能通过中继系统，在中继系统内的传输也是在物理层

- 物理层的功能

- 在两个网络设备之间提供透明的比特流传输

- 研究内容

- 物理连接的启动和关闭，正常数据的传输，以及维护管理



# 物理层的定义和功能（续）

- 物理层有关的传输方式
  - 连接方式（点到点，点到多点）
  - 通信方式（单工，半双工，全双工）
  - 位传输方式（串行，并行）
- 物理层的四个重要特性
  - 机械特性 (mechanical characteristics)
  - 电气特性 (electrical characteristics)
  - 功能特性 (functional characteristics)
  - 规程特性 (procedural characteristics)



# 物理层的特性

## ■ 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
- 标准接口举例
  - ISO 2110, 25芯连接器, EIA RS-232-C, EIA RS-366-A
  - ISO 2593, 34芯连接器, V.35宽带MODEM
  - ISO 4902, 37芯和9芯连接器, EIA RS-449
  - ISO 4903, 15芯连接器, X.20、X.21、X.22



# 物理层的特性 (续)

## ■ 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
- 早期的标准是在边界点定义电气特性，例如EIA RS-232-C、V.28；最近的标准则说明了发送器和接收器的电气特性，而且给出了有关对连接电缆的控制
- CCITT 制订的电气特性标准
  - CCITT V.10/X.26：新的非平衡型电气特性，EIA RS-423-A
  - CCITT V.11/X.27：新的平衡型电气特性，EIA RS-422-A
  - CCITT V.28：非平衡型电气特性，EIA RS-232-C
  - CCITT X.21/EIA RS-449



# 物理层的特性（续）

## ■ 功能特性

- 主要定义各条物理线路的功能
- 线路的功能分为四大类
  - 数据
  - 控制
  - 定时
  - 地

## ■ 规程特性

- 主要定义各条物理线路的工作规程和时序关系



# EIA RS-232-C

- **1960**年美国电子工业协会**EIA**提出**RS-232**，**1963**年提出**RS-232-A**，**1965**年提出**RS-232-B**，**1969**年提出**RS-232-C**。用于**DTE/DCE**之间的接口
- 机械特性
  - **25芯连接器，DTE为插头，DCE为插座**
- 电气特性
  - **采用非平衡型电气特性，低于-3V为“1”，高于+4V为“0”，最大20Kbps，最长15m**
  - **非平衡传输 (unbalanced transmission)：所有电路共享一个公用的地线**
  - **平衡传输 (balanced transmission)：每个主要电路需要两根线，没有公用的地线**





# EIA RS-232-C (续)

## ■ 功能特性

- 定义了21条线，许多子集，基本与CCITT V.24兼容

## ■ 规程特性

- 对不同的功能子集，有不同的规程
- RS-232-C 有14中不同的接口类型，适合于单工，半双工，全双工，同步，异步

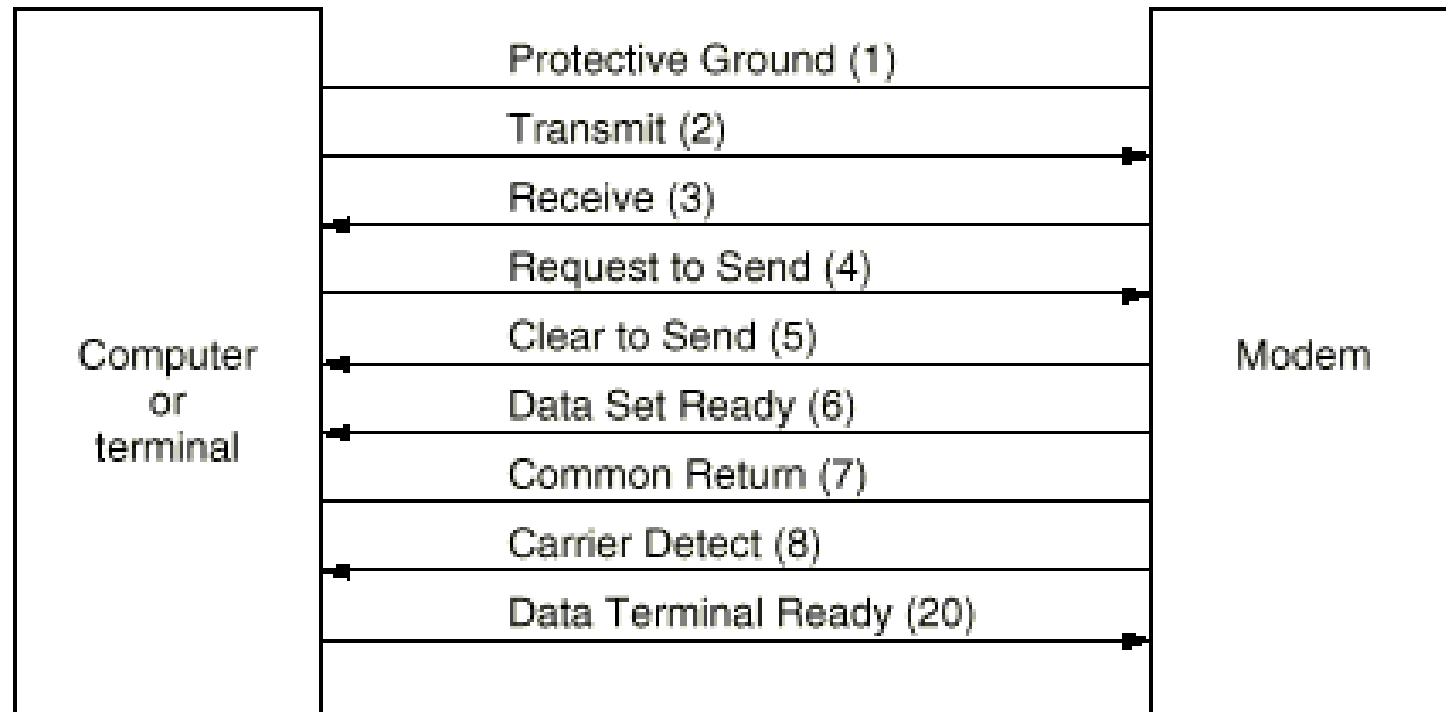
## ■ RS-232-C的不足与改进

### ■ 不足

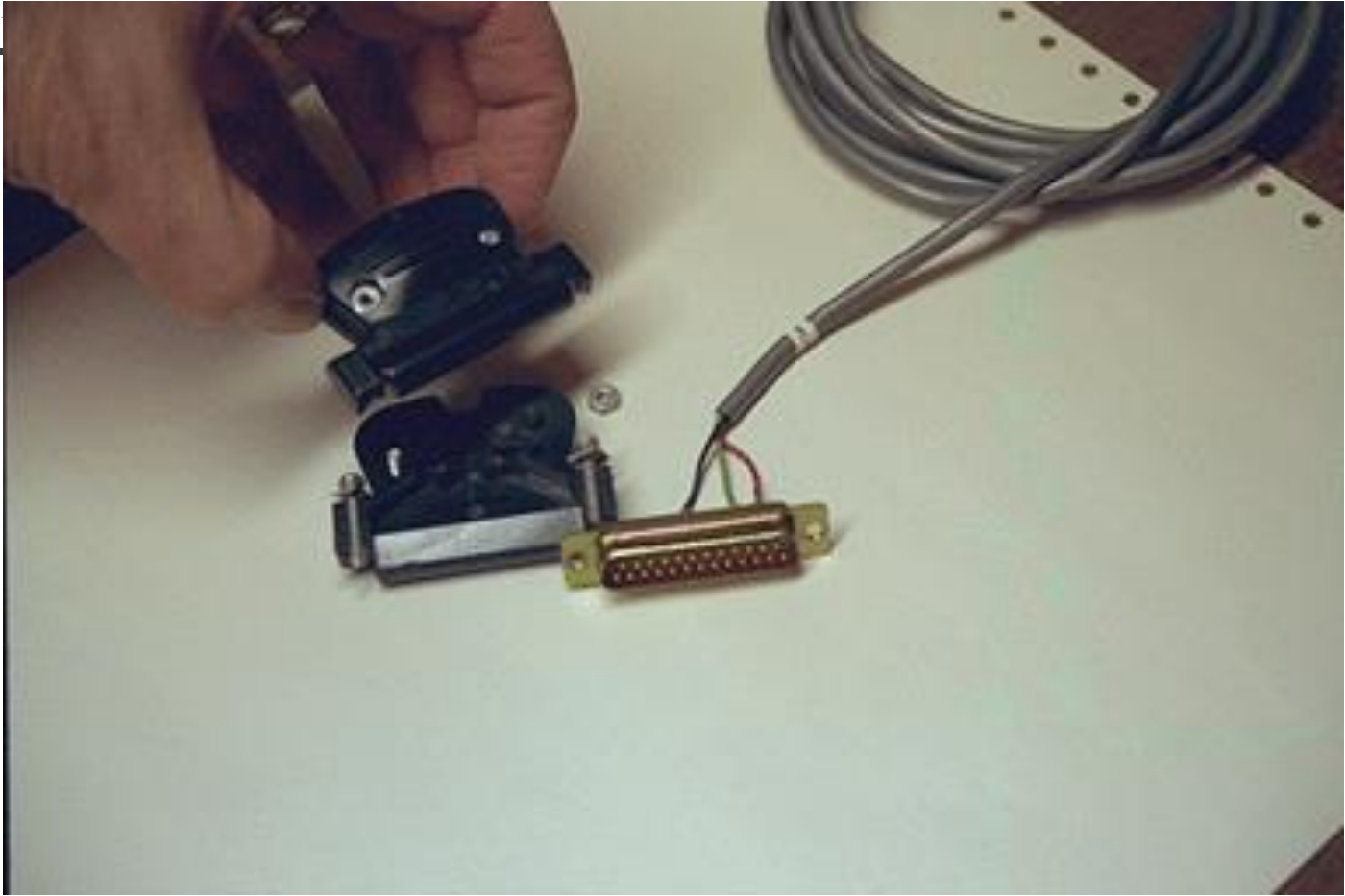
- 传输性能低：距离短，速率低

### ■ 改进

- 重新设计，X.21
- 以RS-232-C为基础改进，1977年提出RS-449



**Fig. 2-21.** Some of the principal RS-232-C circuits. The pin numbers are given in parentheses.



**RS232接头**



# EIA RS-449/422-A/423-A

- **EIA RS-449** 是为替代**RS-232-C**而提出的物理层标准接口。实际上是一体化的三个标准
- 主要改进
  - 改善了性能，加长了接口电缆距离，加大了数据传输率
  - 增加了新的接口功能，例如，回送检查
  - 解决了机械接口问题
- 机械特性
  - **37芯或9芯连接器**



# EIA RS-449/422-A/423-A (续)

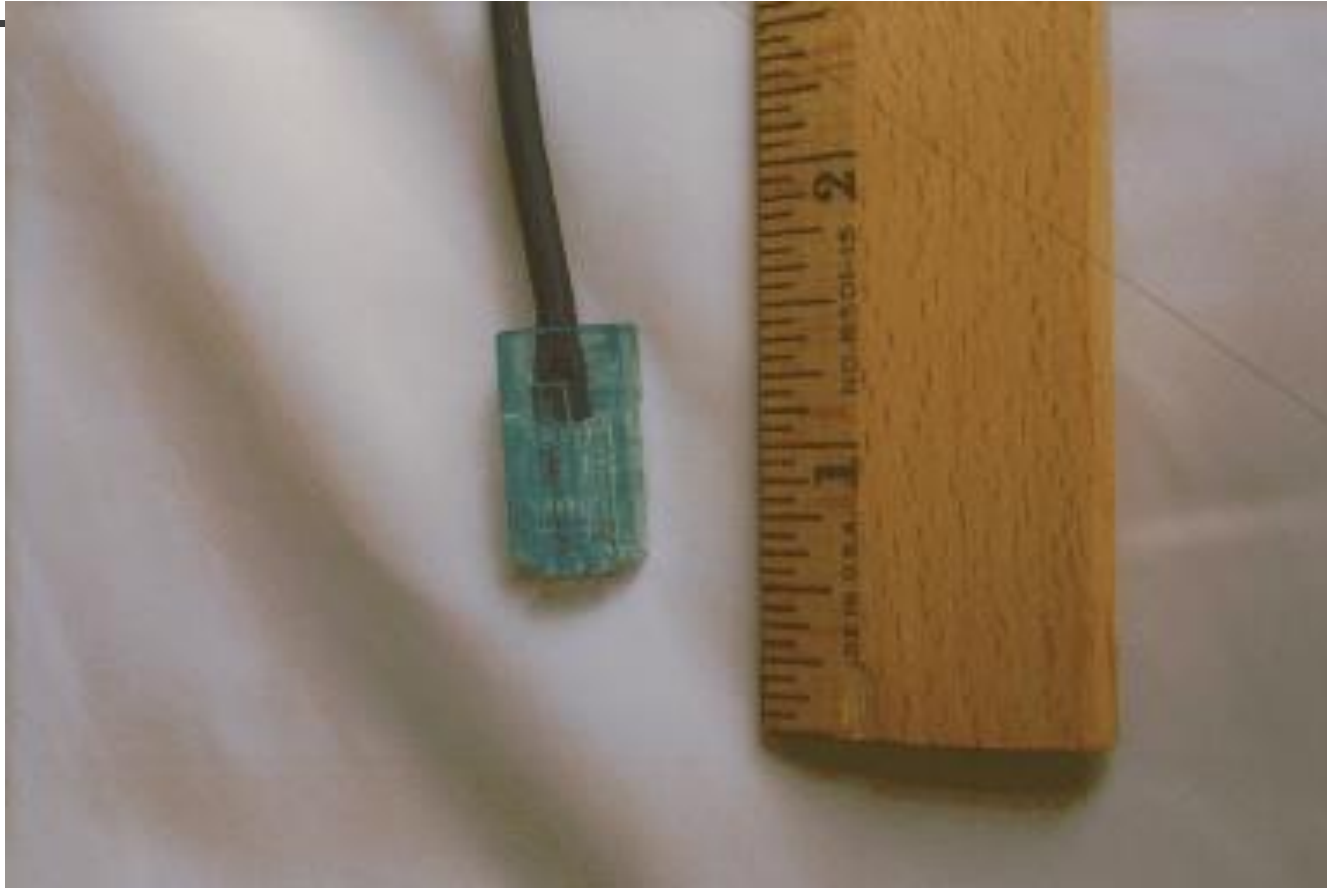
- 电气特性
  - 与RS-232-C相连, 采用非平衡型电气特性 RS-423-A, 20Kbps以下
  - 其他情况, 采用平衡型电气特性 RS-422-A, 20Kbps ~ 2Mbps
- 功能特性
  - 定义了30条功能线
- 规程特性
  - 基本上以RS-232-C为基础



# 传输介质

## ■ 双绞线

- 既可用于模拟传输，也可用于数据传输
- 带宽依赖于线的类型和传输距离
- 3类线，5类线，增强型5类线、6类线、7类线
- 非屏蔽双绞线UTP (Unshielded Twisted Pair)，屏蔽双绞线STP (Shielded Twisted Pair)



帶有**RJ-45**接头的双绞线



具有以太网的计算机背面





一个**10/100M**双绞线以太网接口，指示灯的状态显示接口连接在一个**10M**以太网上



## 传输介质（续）

- 基带同轴电缆
  - 50欧姆，用于数据传输
- 宽带同轴电缆
  - 75欧姆，用于模拟传输
  - Cable TV技术，300MHz或450MHz

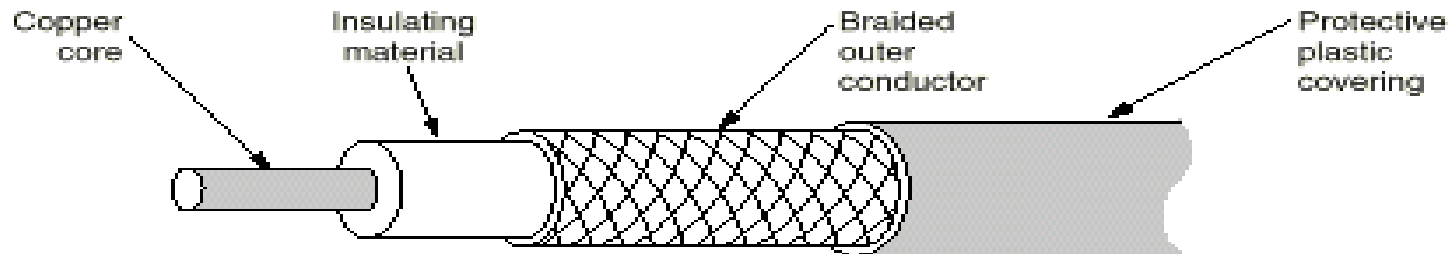


Fig. 2-3. A coaxial cable.



# 传输介质（续）

## ■ 光纤

- 光纤分类：单模光纤和多模光纤
- 光在光纤中以一定的入射角度，通过全反射进行长距离传输
- 光是一种电磁波，会出现干涉现象，只会有特定的几种角度入射的光会继续传输，被称为光的传输模式
- 能够反射的角度有多个，这种传播称为多模。多模光纤适于短距离传输
- 当光纤半径减小到波长的数量级时，只有一个角度（或者一个模式）的光可以进入，这种形式的传播称为单模。单模光纤适于长距离传输
- 单模和多模都支持同时传输几个波长的光，支持波分复用



# 传输介质（续）

## ■ 常用的三个波长窗口（光纤波段）

- 850 nm: 衰减 (attenuation) 大, 传输速率和距离受限制, 但价格便宜
- 1310 nm: 衰减小, 无色散 (dispersion) 补偿、功率放大情况下, 最大传40km (最坏情况)
- 1550 nm: 衰减小, 无色散补偿、功率放大情况下, 最大传80km (最坏情况)

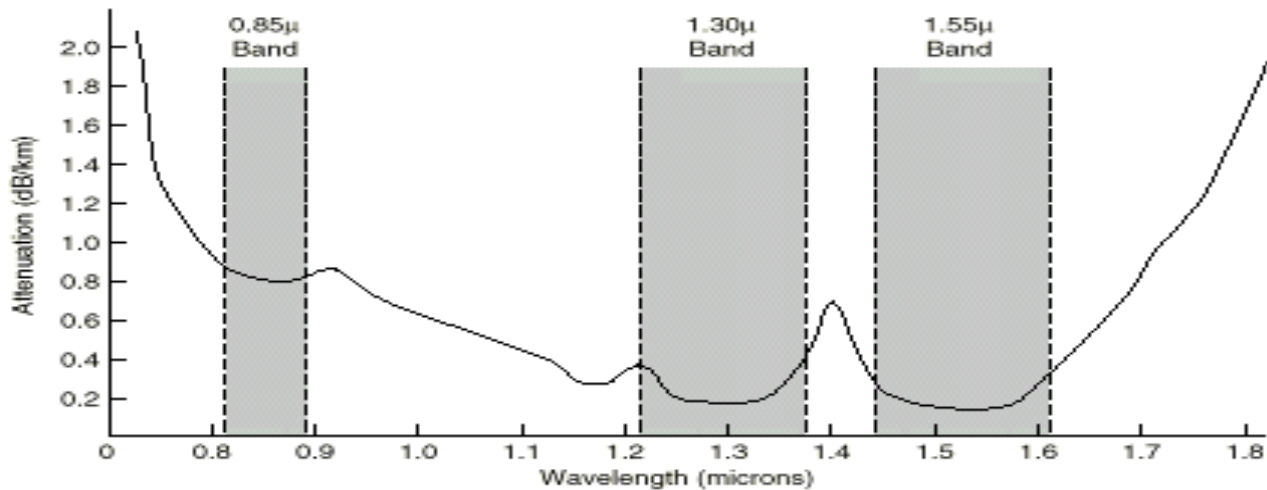
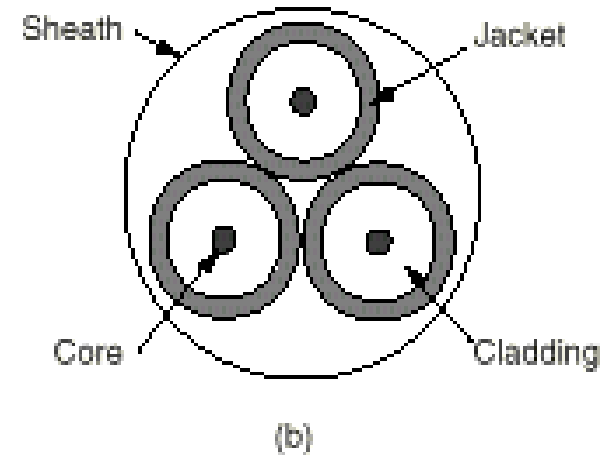
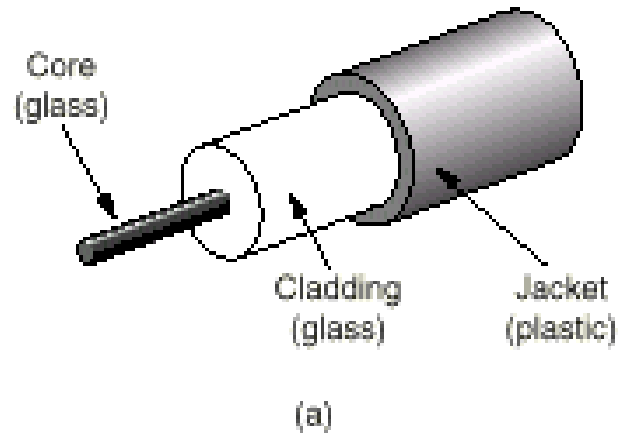


Fig. 2-6. Attenuation of light through fiber in the infrared region.



# 光纤和光缆



**Fig. 2-7.** (a) Side view of a single fiber. (b) End view of a sheath with three fibers.



# 传输介质（续）

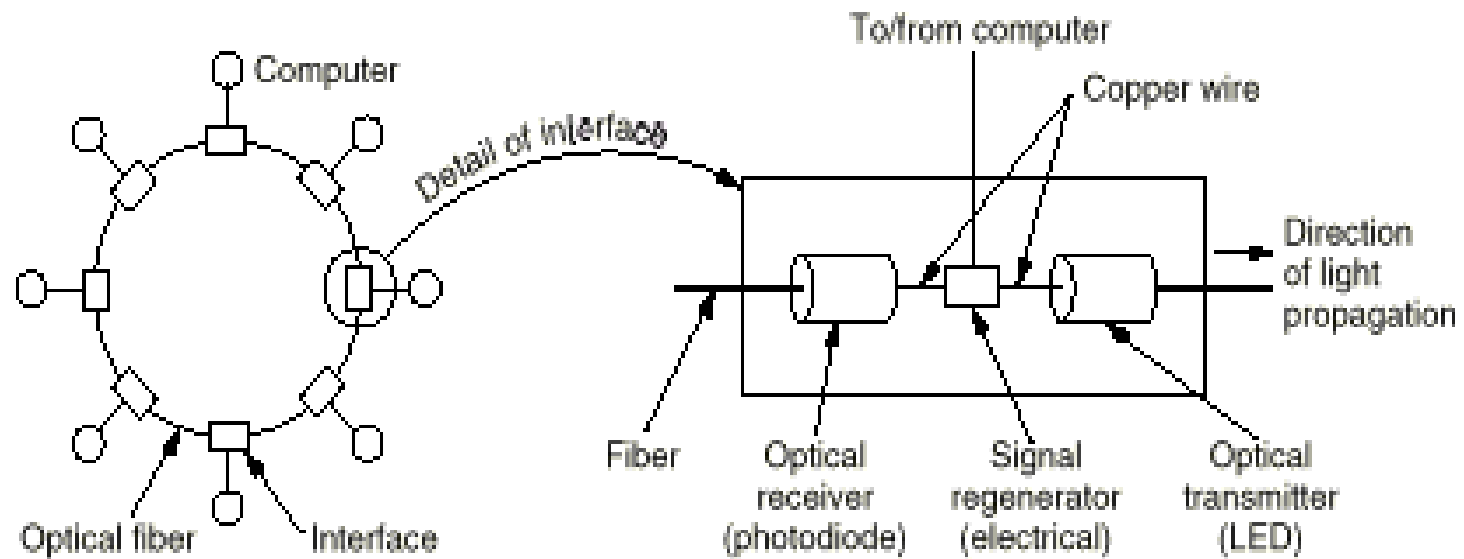
## ■ 光网络

### ■ 组网方式

- 点到点：四根线（两根用于保护倒换）
- 环：两根线（一根用于保护倒换）

### ■ 中继器：光 — 电 — 光，全光

### ■ 全光网，光因特网论坛 OIF



**Fig. 2-9.** A fiber optic ring with active repeaters.



**Caption: Optical fiber cables connected to a switch**





光纤和连接器，黑色套子在连接器不用的时候保护连接器



# 网络传输技术

---

- 光纤传输
- 移动电话网络
- 无线传输
- 通信卫星
- 公共交换电话网络
- 有线电视网络



# SONET/SDH

## ■ 标准

- 1985年, Bellcore提出SONET (Synchronous Optical NETwork) 标准
- 1989年, CCITT提出SDH (Synchronous Digital Hierarchy) 标准, 与 SONET 有微小差别
- SONET主要用于北美和日本, SDH主要用于欧洲和中国

## ■ SONET/SDH, 采用TDM技术, 是同步系统, 由主时钟控制, 时钟精度 $10^{-9}$ 秒

## ■ SONET路径

- 路径 (path) , 线路 (line) , 段 (section)



# SONET/SDH 结构

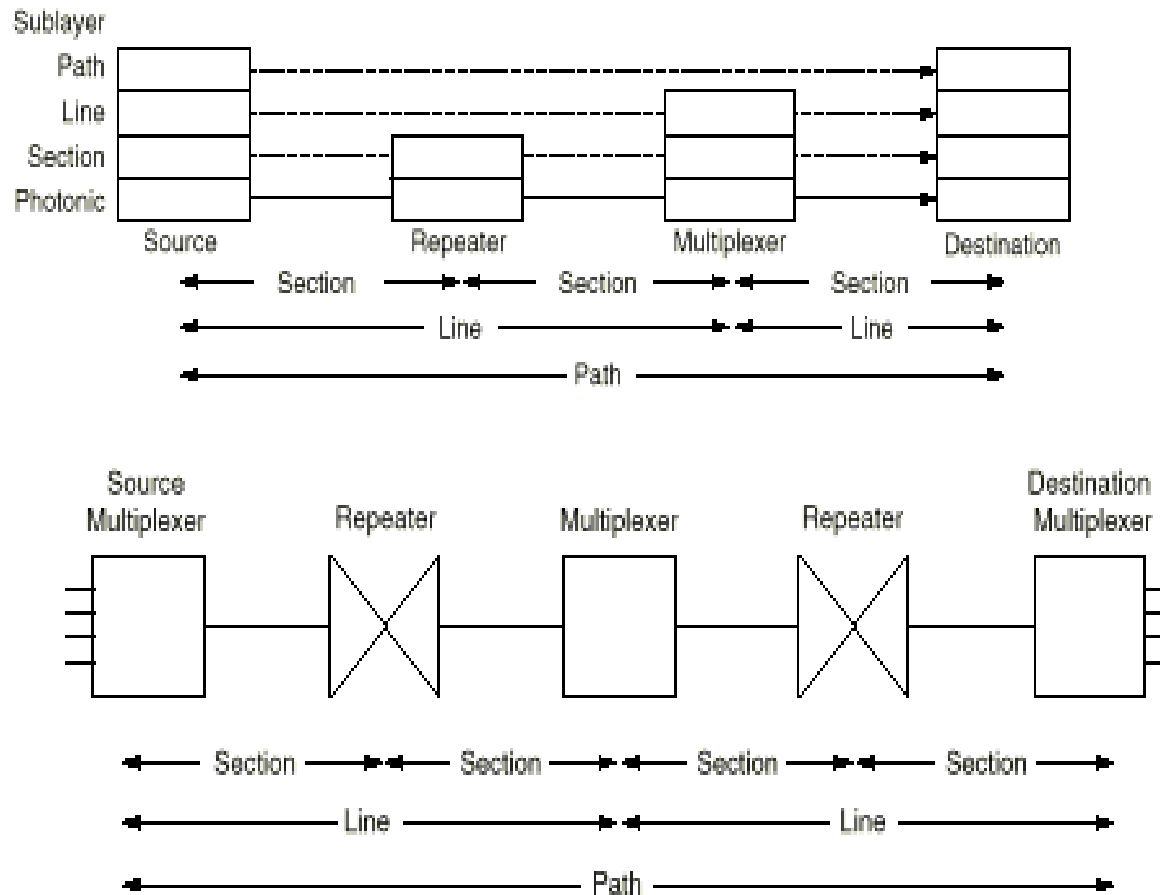


Fig. 2-29. A SONET path.



# SONET/SDH 帧

## ■ 基本SONET帧

- 810 字节/125us, 所以传输速率为  $810 \times 8 / (125 \times 10^{-6}) = 51.84 \text{ Mbps}$
- 基本SONET信道称为STS-1 (Synchronous Transport Signal-1)
- SONET帧格式



# SONET/SDH 帧 (续)

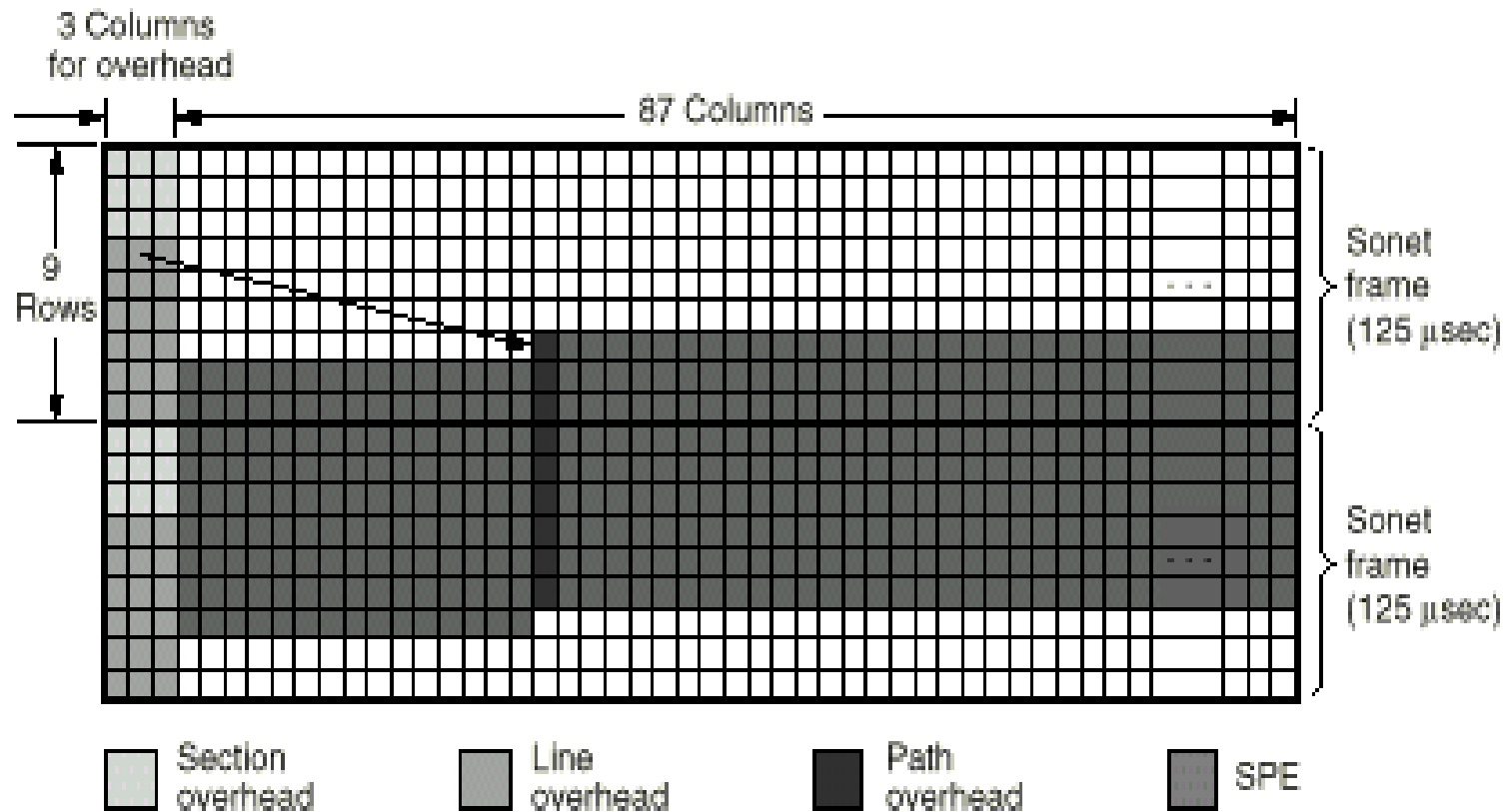


Fig. 2-30. Two back-to-back SONET frames.



# SONET/SDH 复用

## ■ 复用

### ■ 复用是基于字节的

### ■ OC-3 与 OC-3c 的区别

- c (concatenated) 表示级联, 非复用
- OC-3 表示一个 155.52 Mbps 的载波是由三个单独的 OC-1 载波复用构成的
- OC-3c 表示一个单独的 155.52 Mbps 的载波

### ■ SONET/SDH 复用速率



# SONET/SDH复用 (续)

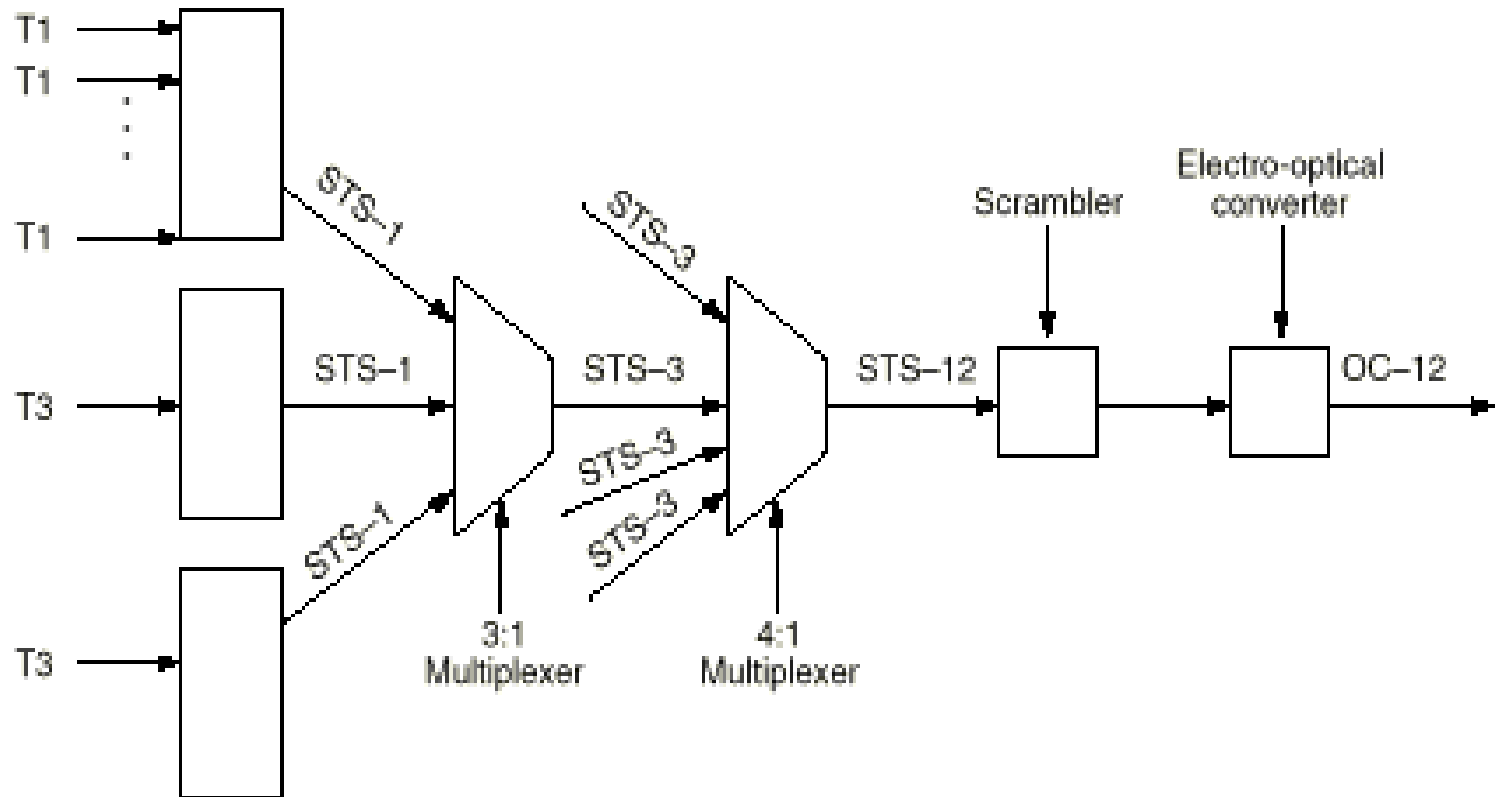


Fig. 2-31. Multiplexing in SONET.





# SONET/SDH复用 (续)

SONET		SDH	Data rate (Mbps)		
Electrical	Optical	Optical	Gross	SPE	User
STS-1	OC-1		51.84	50.112	49.536
STS-3	OC-3	STM-1	155.52	150.336	148.608
STS-9	OC-9	STM-3	466.56	451.008	445.824
STS-12	OC-12	STM-4	622.08	601.344	594.432
STS-18	OC-18	STM-6	933.12	902.016	891.648
STS-24	OC-24	STM-8	1244.16	1202.688	1188.864
STS-36	OC-36	STM-12	1866.24	1804.032	1783.296
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32	2405.376	2377.728

Fig. 2-32. SONET and SDH multiplex rates.



# 移动电话网络

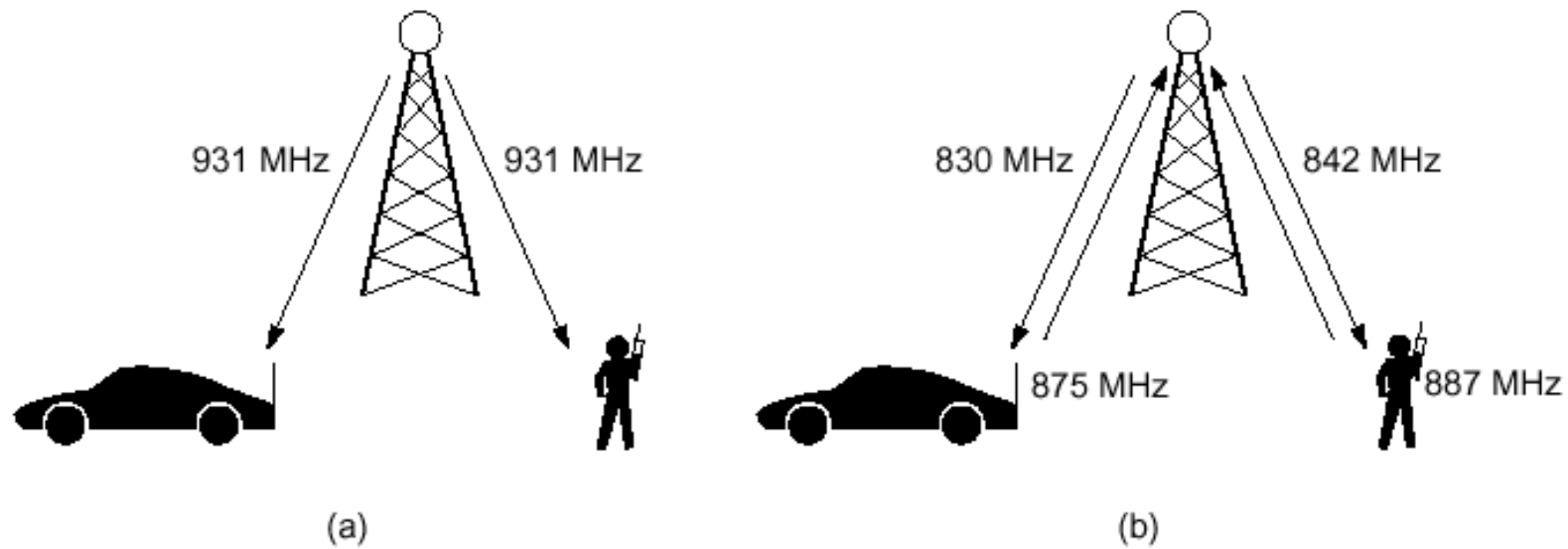
## ■ 单方向的寻呼系统

### ■ 寻呼过程

- 打电话给寻呼公司，输入寻呼机号码
- 寻呼公司的计算机收到请求，通过线路传到高处（山顶）的天线
- 天线直接广播信号（本地寻呼），或传递给卫星（异地寻呼），卫星再广播

### ■ 单向系统

### ■ 需要很小的带宽



**Fig. 2-53.** (a) Paging systems are one way. (b) Mobile telephones are two way.



# 移动电话网络（续）

## ■ 蜂窝电话

- **第一代：模拟蜂窝电话，只能传送语音**
- **第二代：数字蜂窝电话，主要传送语音，GSM，CDMA**
- **3G / 4G：可以传送语音和数据**

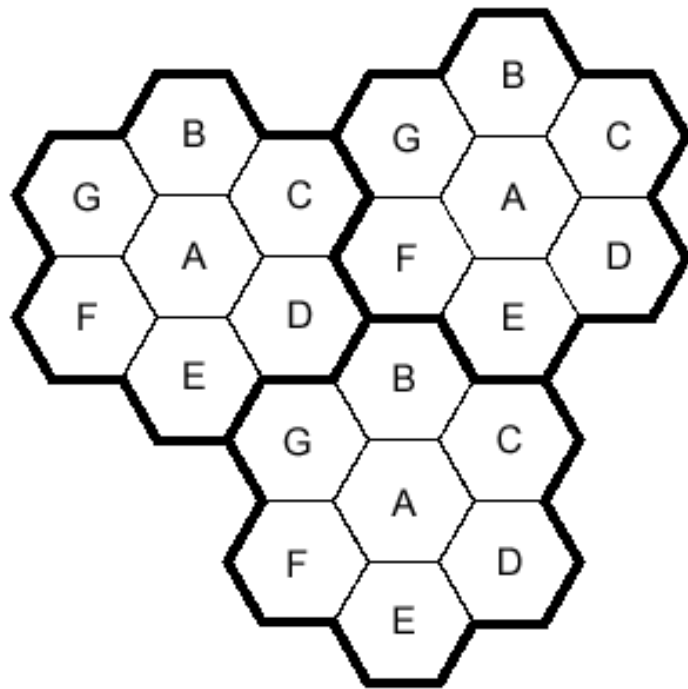
## ■ 模拟蜂窝电话

- **早期用于军事通信，push-to-talk system，一个信道，半双工**
- **60年代，IMTS (Improved Mobile Telephone System)，双频，全双工**

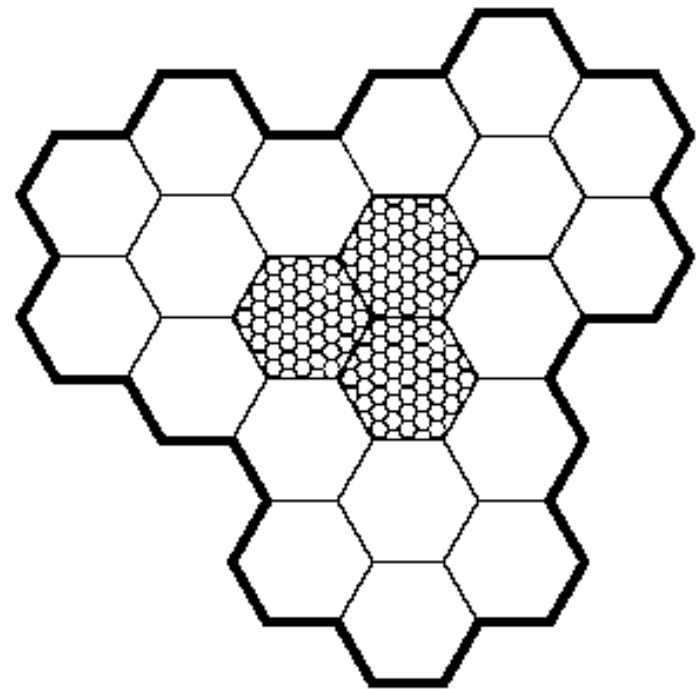


# 移动电话网络（续）

- **1982年, AMPS (Advanced Mobile Phone System)**
  - 使用小的蜂窝 (cell)
  - 在附近 (不相邻) 的蜂窝中重用传输频率
  - 发射功率小, 设备小而便宜
  - 当某个蜂窝内的用户超过系统容量时, 将蜂窝划分成几个更小的蜂窝, 以便重用频率, 并将发射功率减弱
  - 在蜂窝中心, 有一个基站 (base station), 基站包括一个计算机和与天线相连的收发器
  - 所有的基站通过包交换网络与MTSO (Mobile Telephone Switching Office) 或MSC (Mobile Switching Center) 相连, MTSO与电话系统相连
  - 安全问题: 窃听、盗用



(a)



(b)

**Fig. 2-54.** (a) Frequencies are not reused in adjacent cells. (b) To add more users, smaller cells can be used.



# 总结

- 物理层的定义
  - 物理层提供机械的、电气的、功能的和规程的特性，目的是启动、维护和关闭数据链路实体之间进行比特传输的物理连接。
- 物理层的特性
  - 机械特性，电气特性，功能特性，规程特性
- 传输介质
  - 双绞线，同轴电缆，光纤
- 网络传输技术
  - 光纤传输，移动电话网络