

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 gate or pavilion, 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**

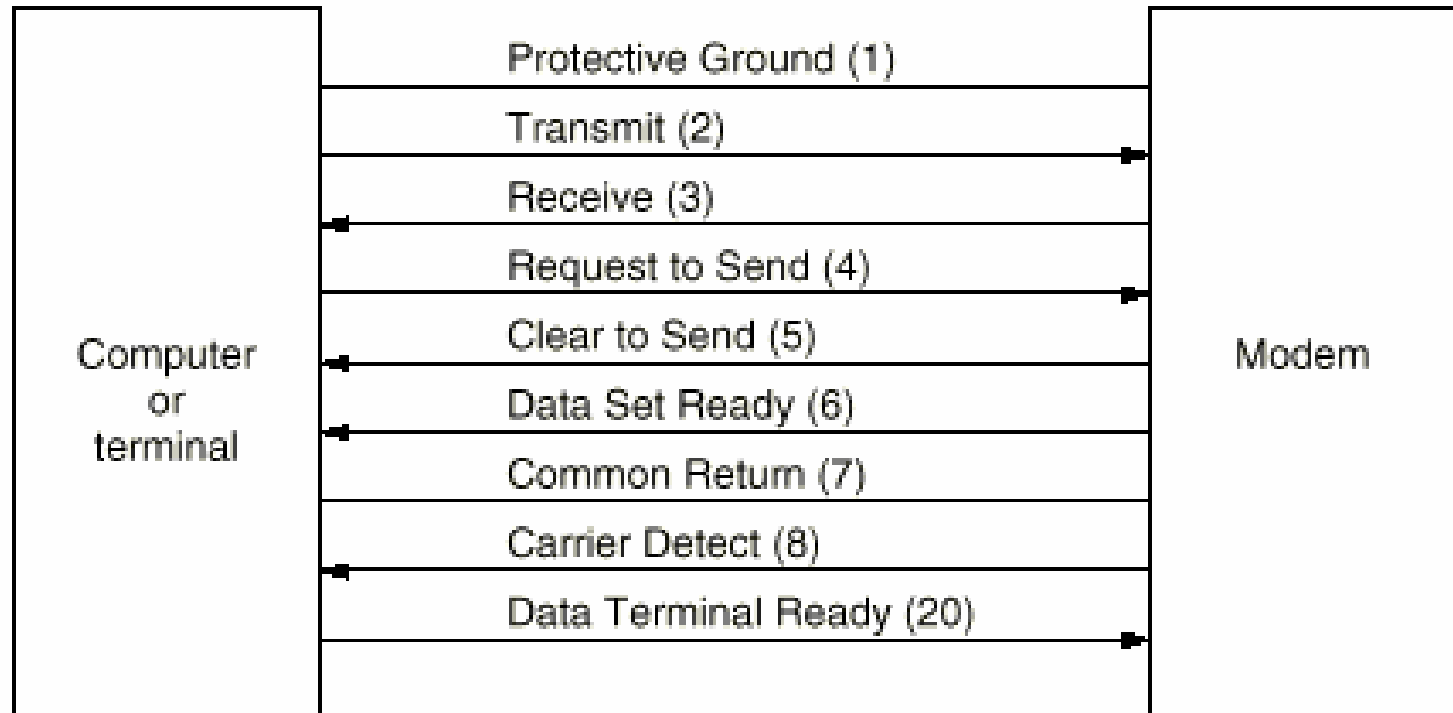
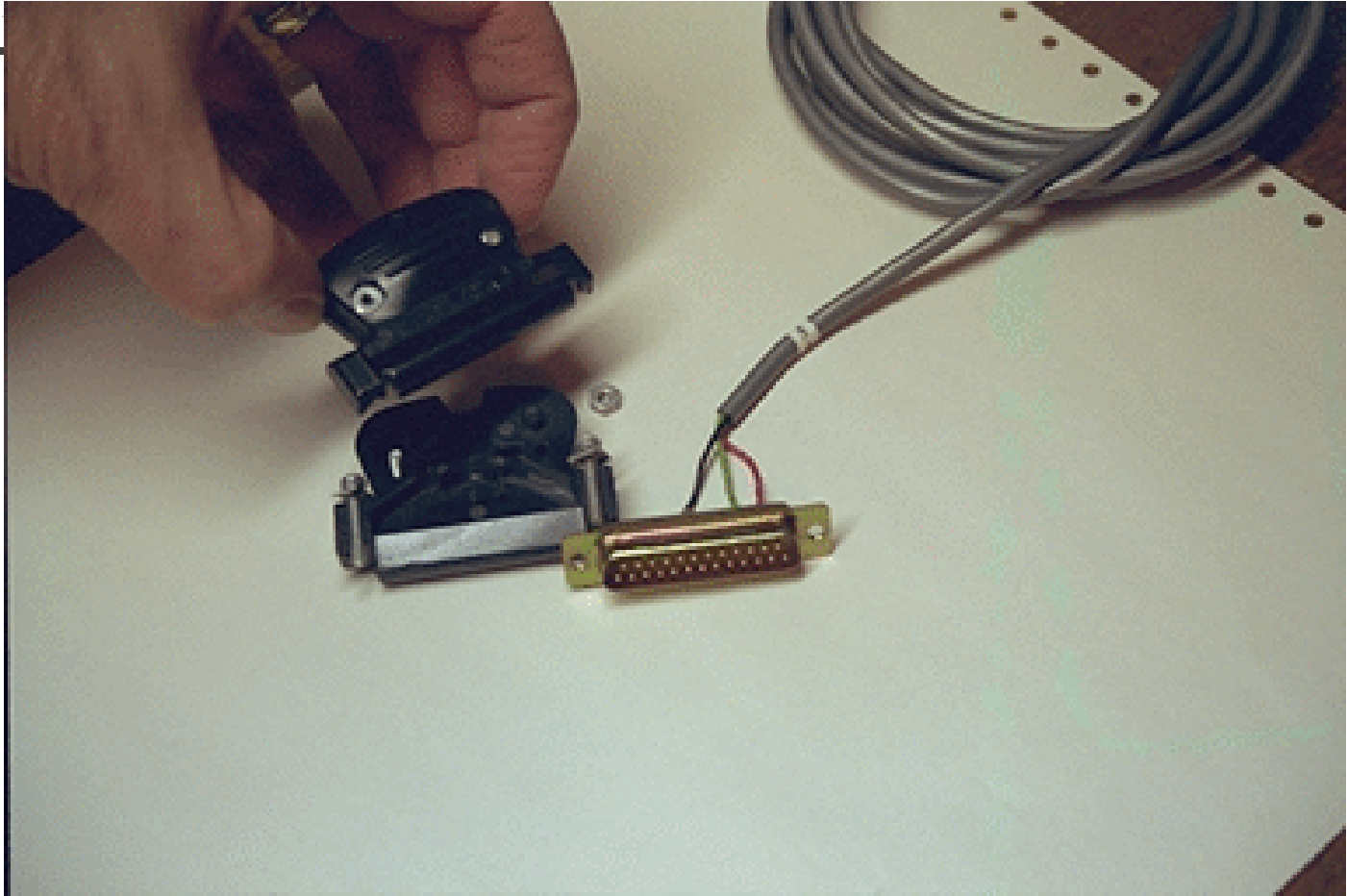


Fig. 2-21. Some of the principal RS-232-C circuits. The pin numbers are given in parentheses.



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)

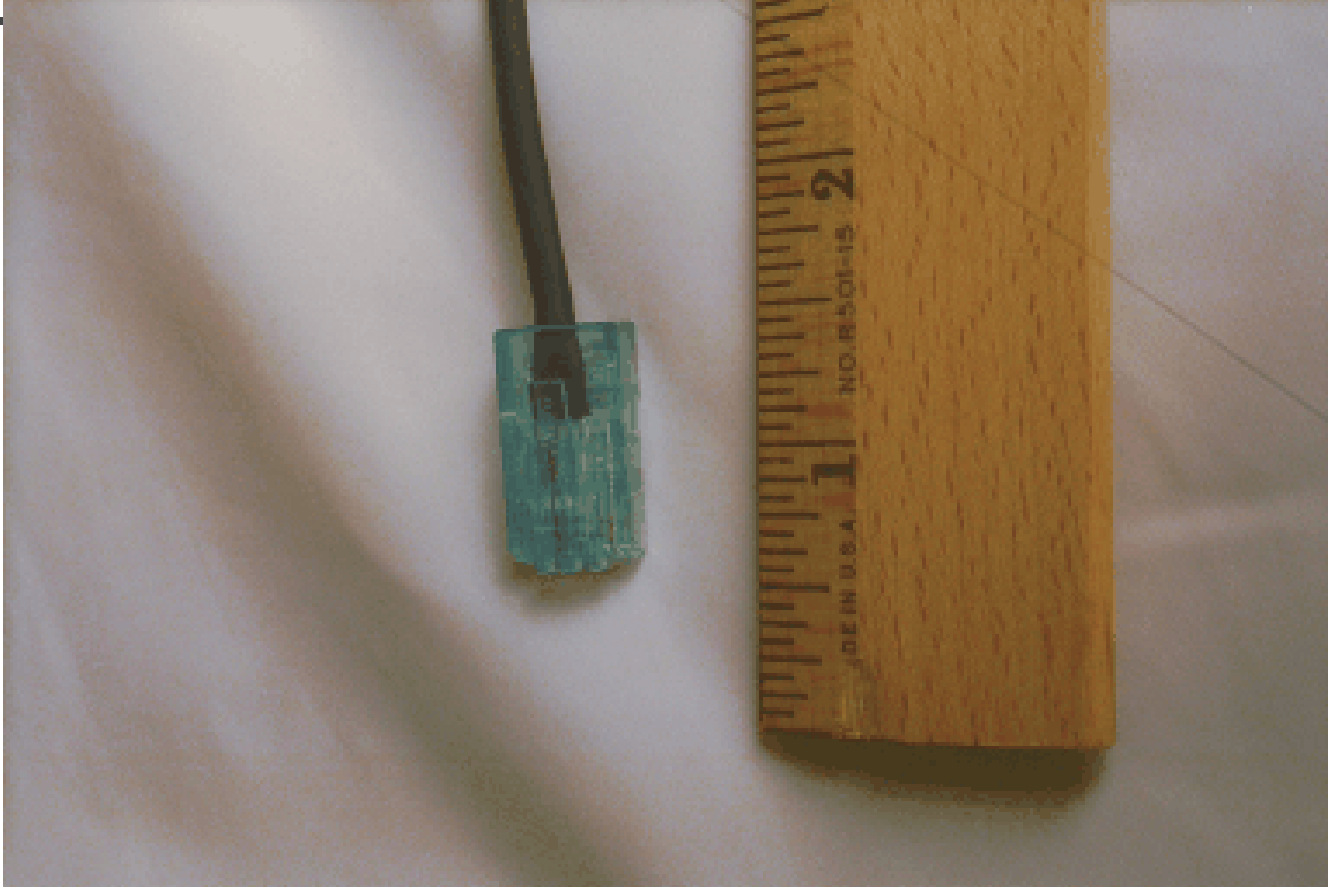
- 电气特性
 - 与RS-232-C相连, 采用非平衡型电气特性 RS-423-A, 20Kbps以下
 - 其他情况, 采用平衡型电气特性 RS-422-A, 20Kbps ~ 2Mbps
- 功能特性
 - 定义了30条功能线
- 规程特性
 - 基本上以RS-232-C为基础



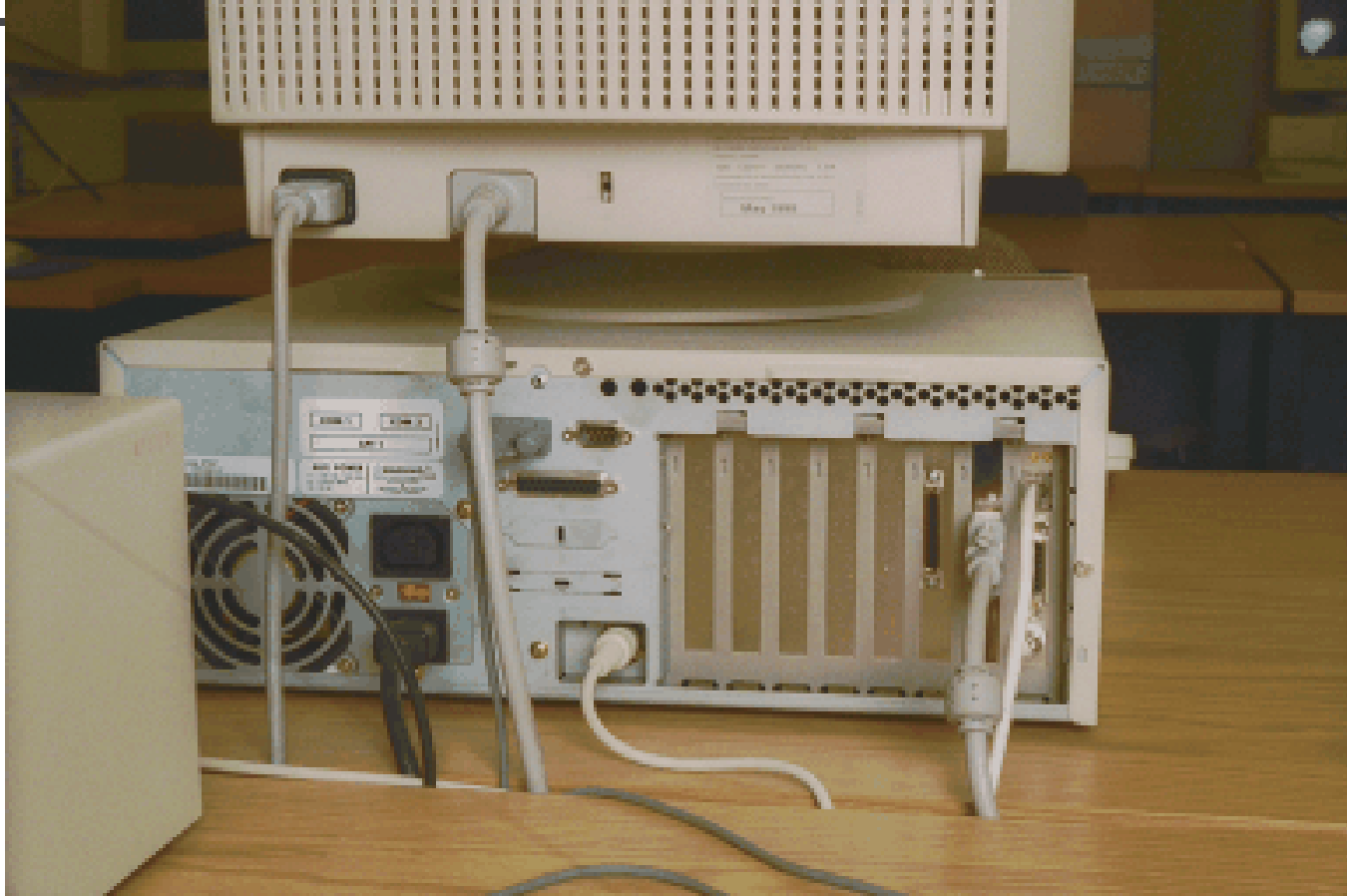
传输介质

■ 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

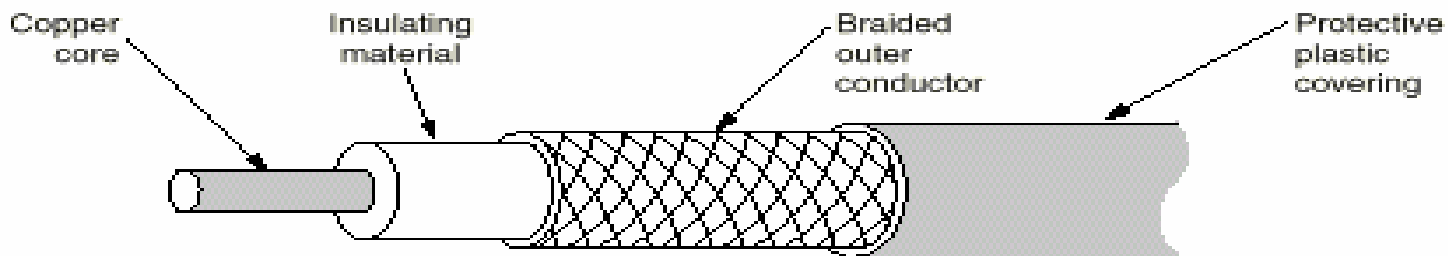


Fig. 2-3. A coaxial cable.



传输介质（续）

■ 光纤

- 目前，在试验室中光纤带宽超过**70Tbps**； **8×2.5 Gbps**， **8×10 Gbps**， **32×10 Gbps**， **32×40 Gbps**的光纤传输系统已经实用
- 光纤分类：单模光纤和多模光纤
 - 光源发出的光进入光纤后，入射角度小的光被反射，并沿着光纤传播，其他光被周围介质吸收，能够反射的角度有多个，这种形式的传播称为多模。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）的光线可以进入，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不同波长的光线，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)

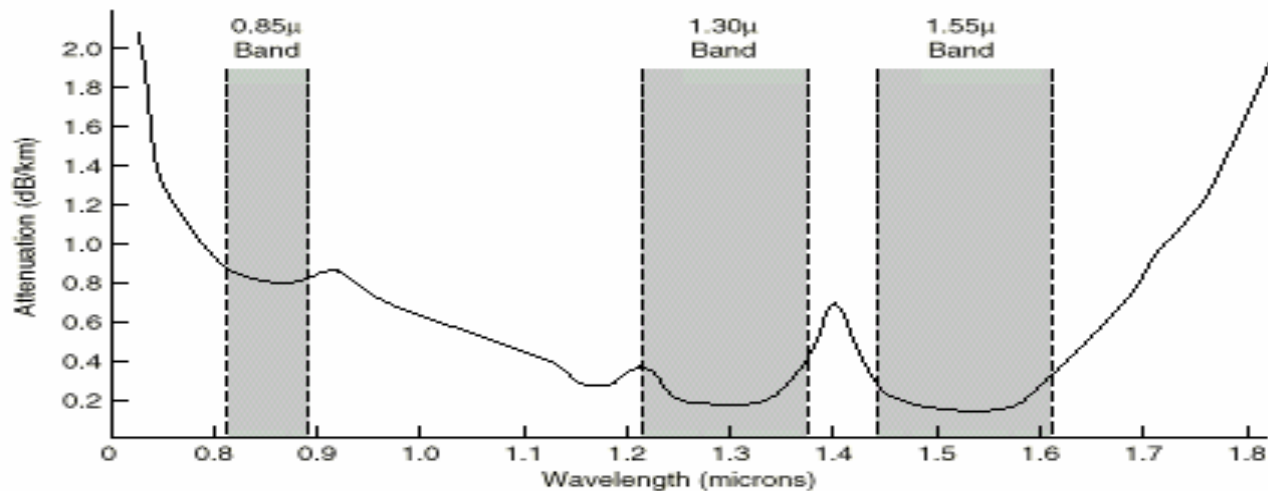


Fig. 2-6. Attenuation of light through fiber in the infrared region.



光纤和光缆

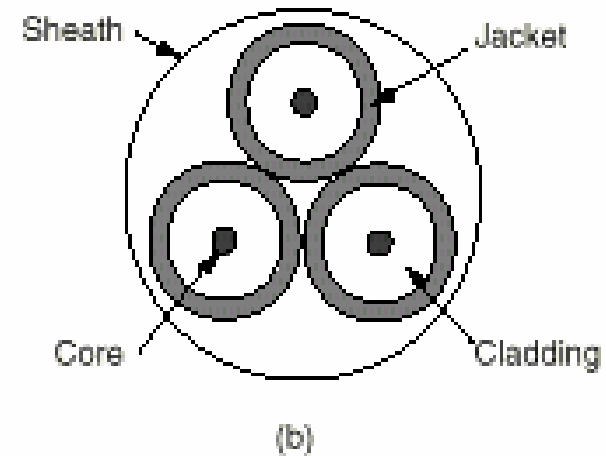
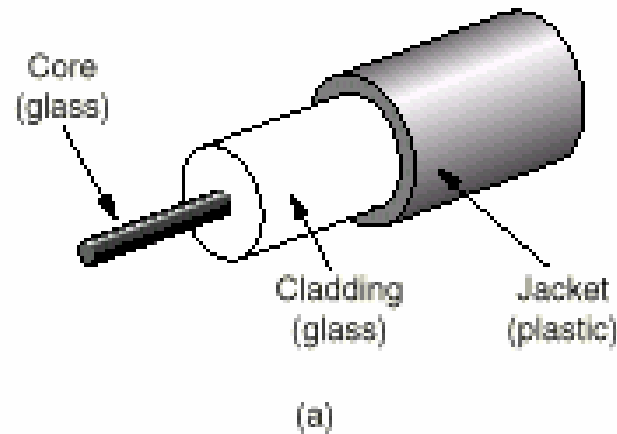


Fig. 2-7. (a) Side view of a single fiber. (b) End view of a sheath with three fibers.



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**

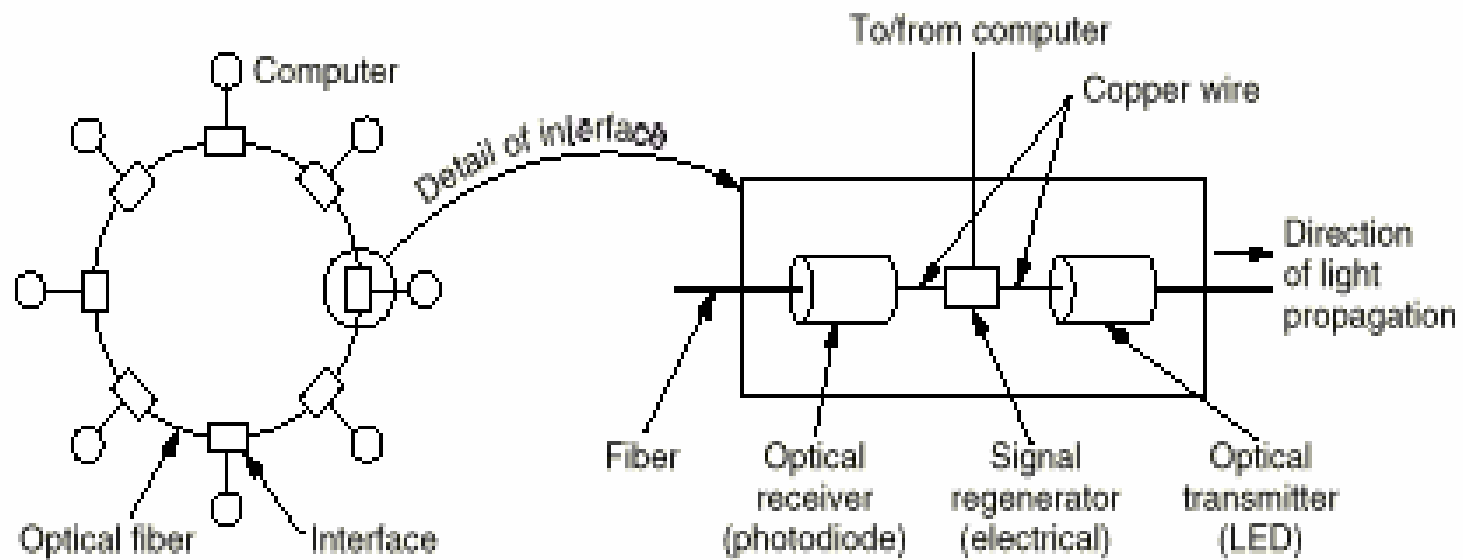
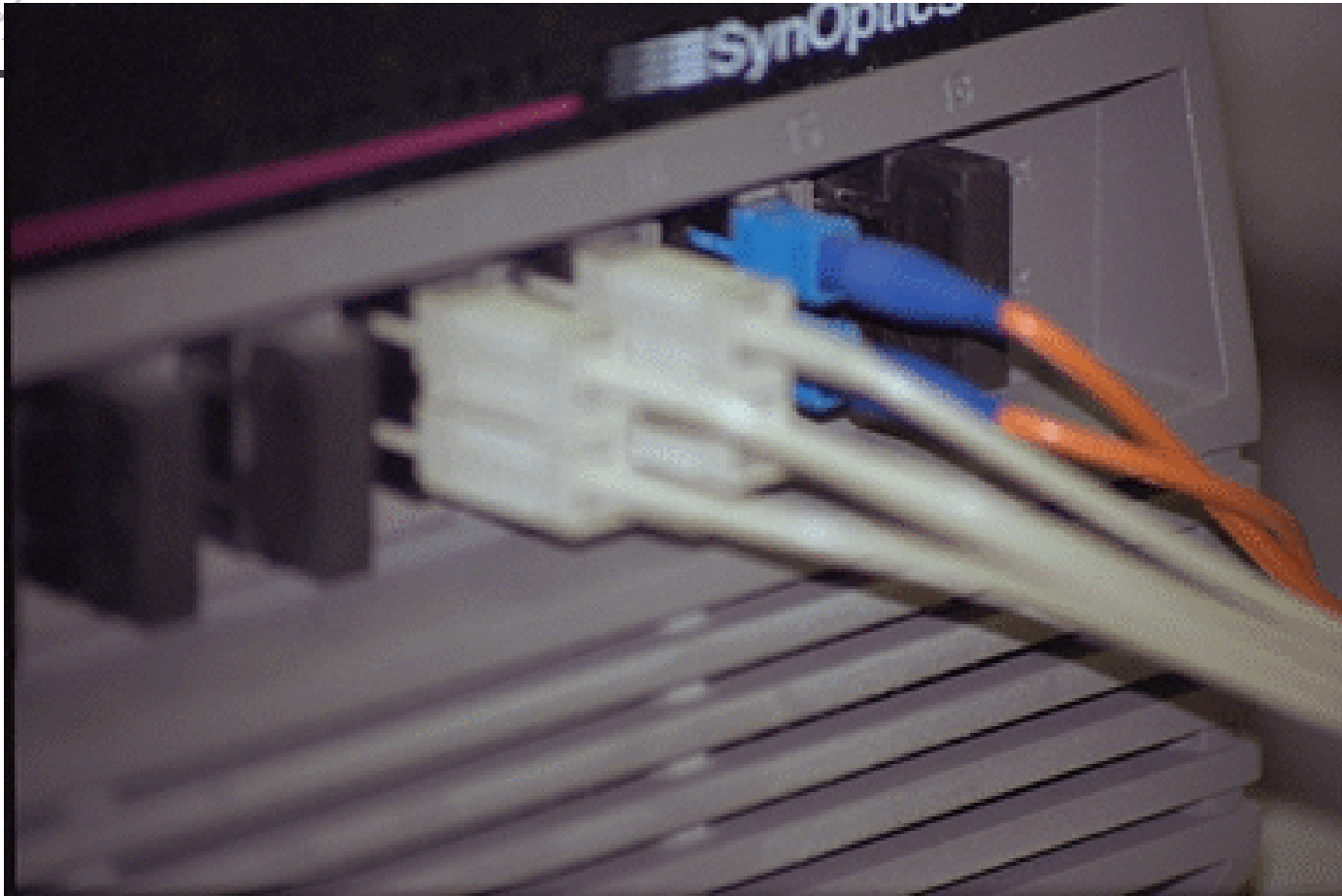
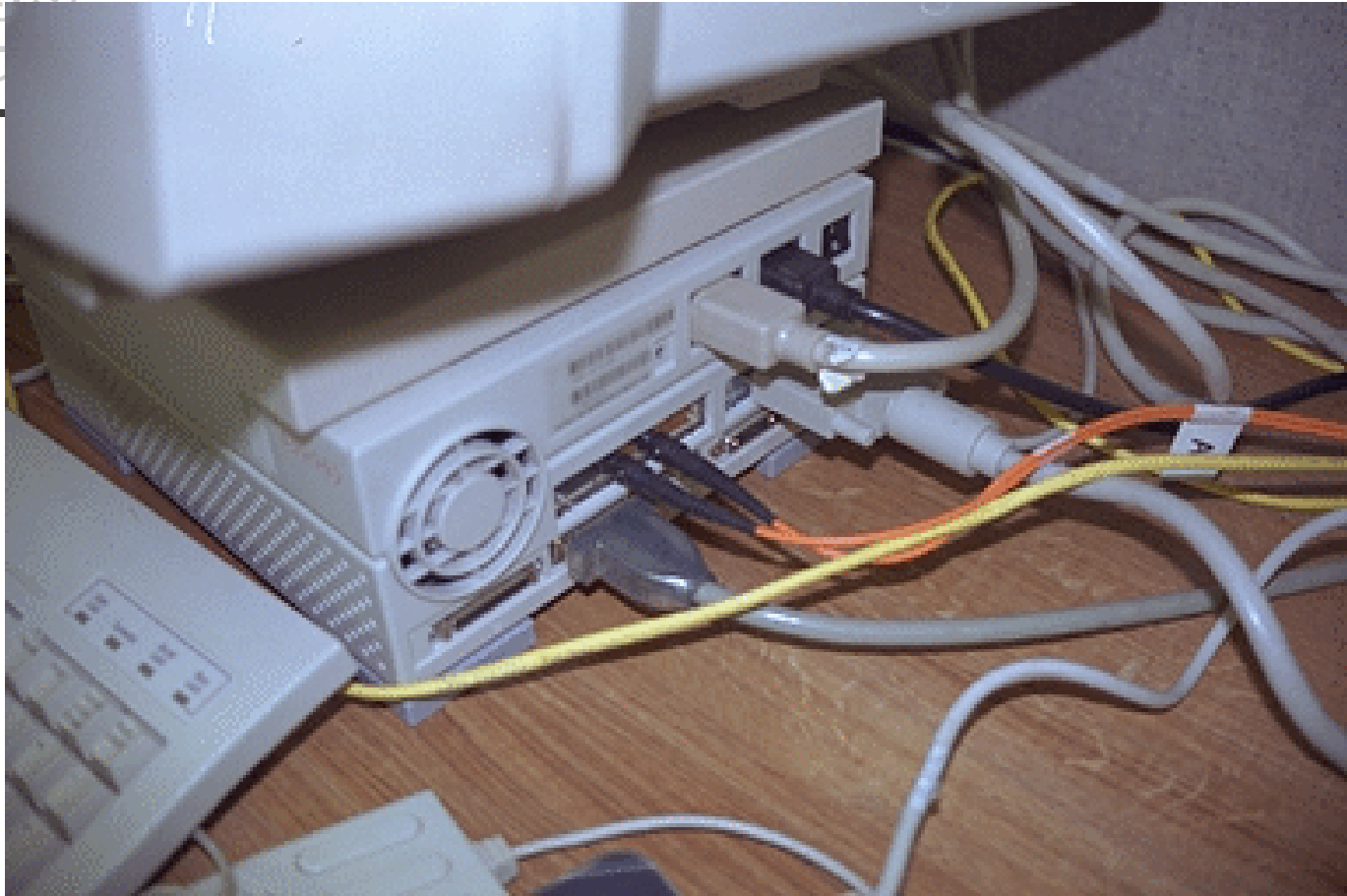


Fig. 2-9. A fiber optic ring with active repeaters.



Caption: Optical fiber cables connected to an ATM switch.



接入**ATM**网络接口的光纤



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}

■ SONET路径

- 路径（path），线路（line），段（section）



SONET/SDH 结构

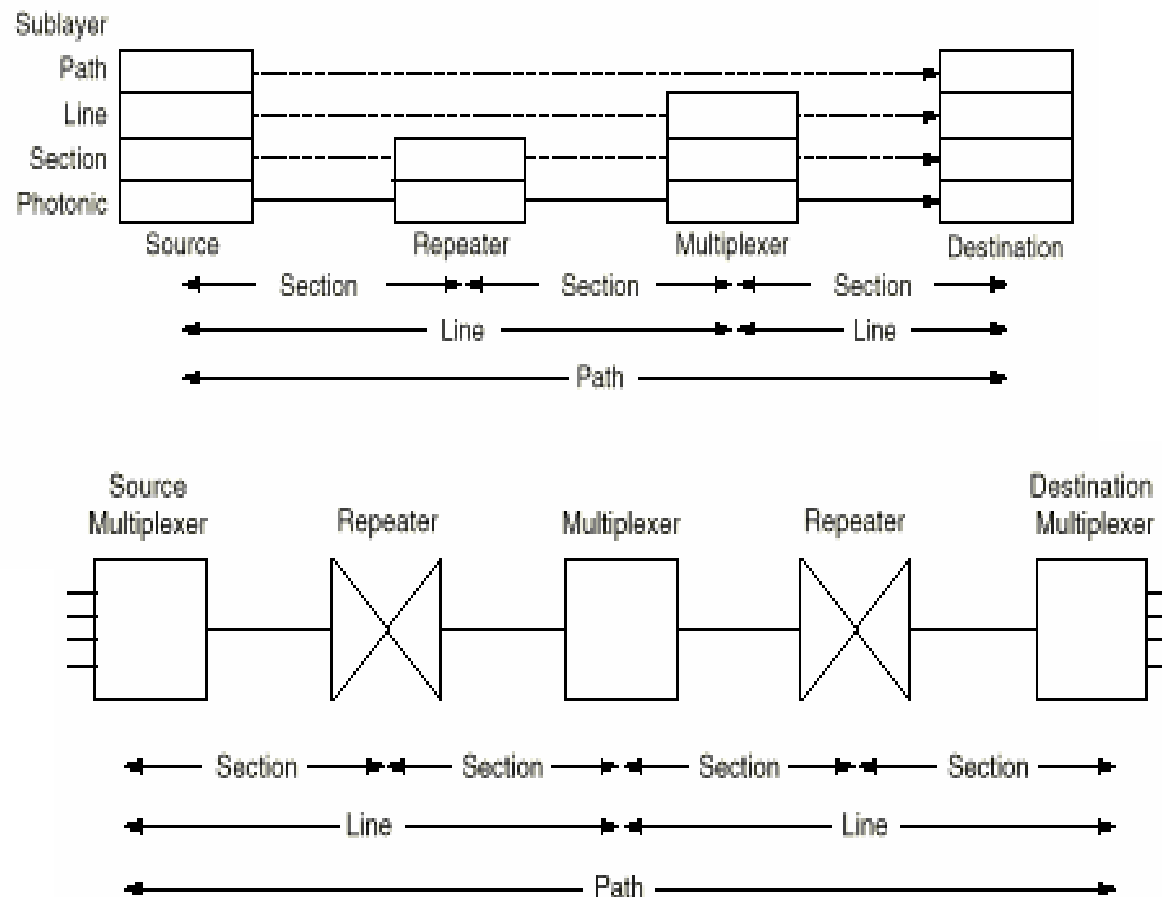


Fig. 2-29. A SONET path.



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)

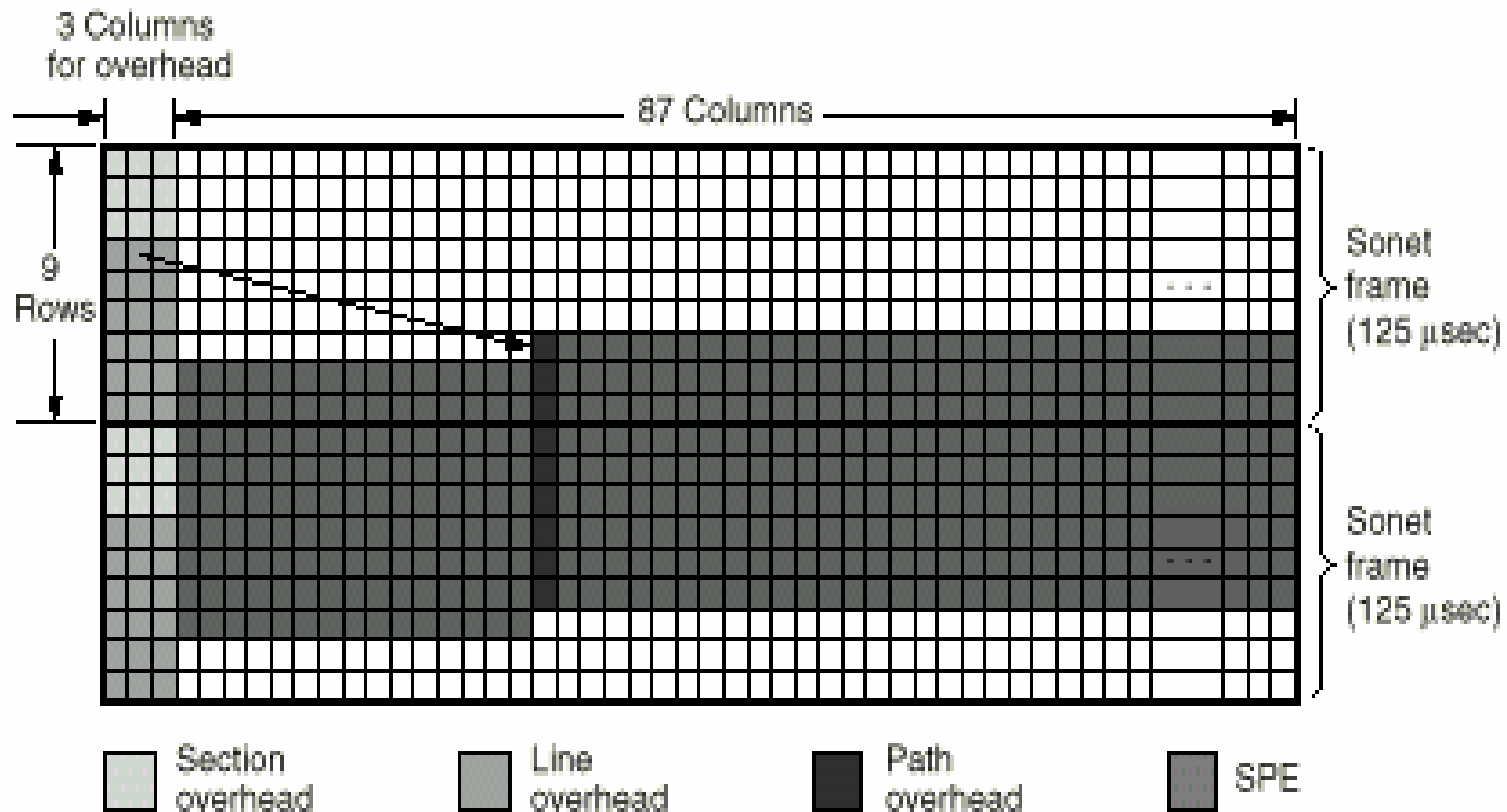


Fig. 2-30. Two back-to-back SONET frames.



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)

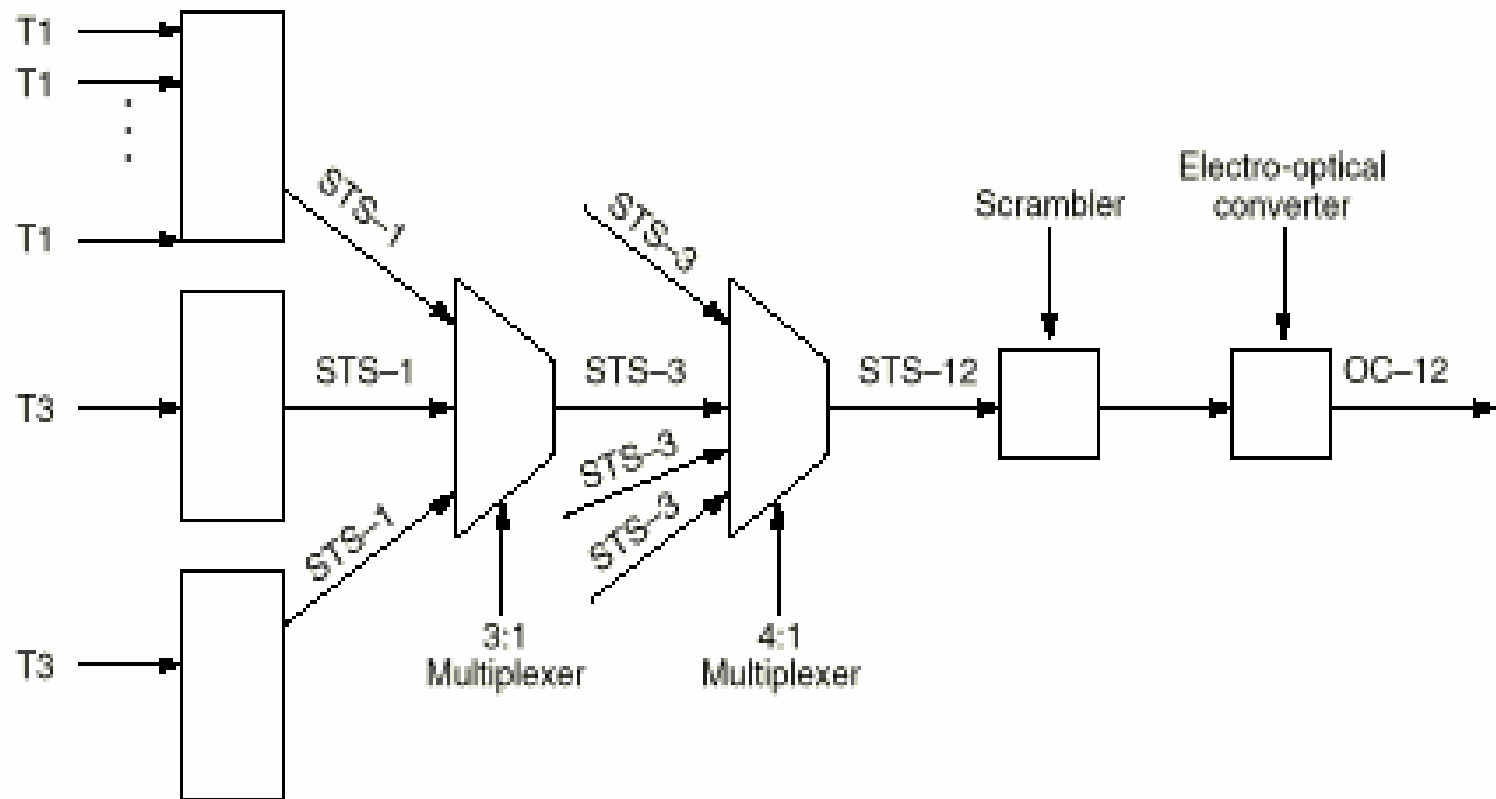


Fig. 2-31. Multiplexing in SONET.



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

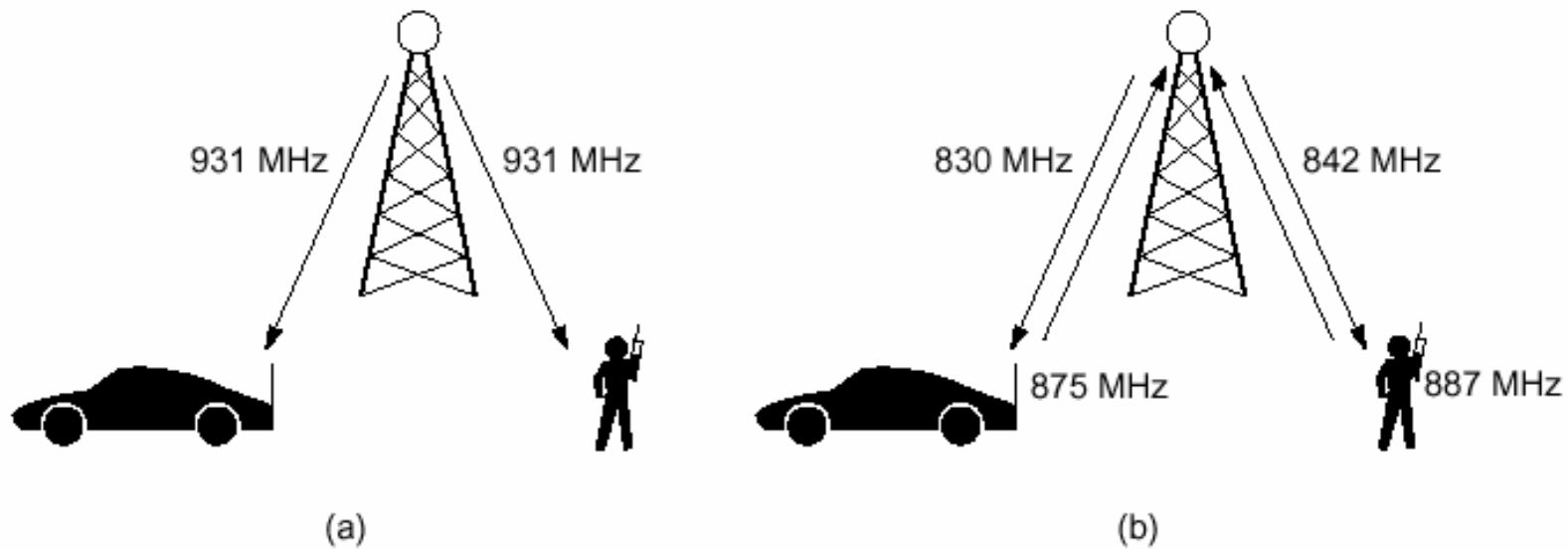


Fig. 2-53. (a) Paging systems are one way. (b) Mobile telephones are two way.



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

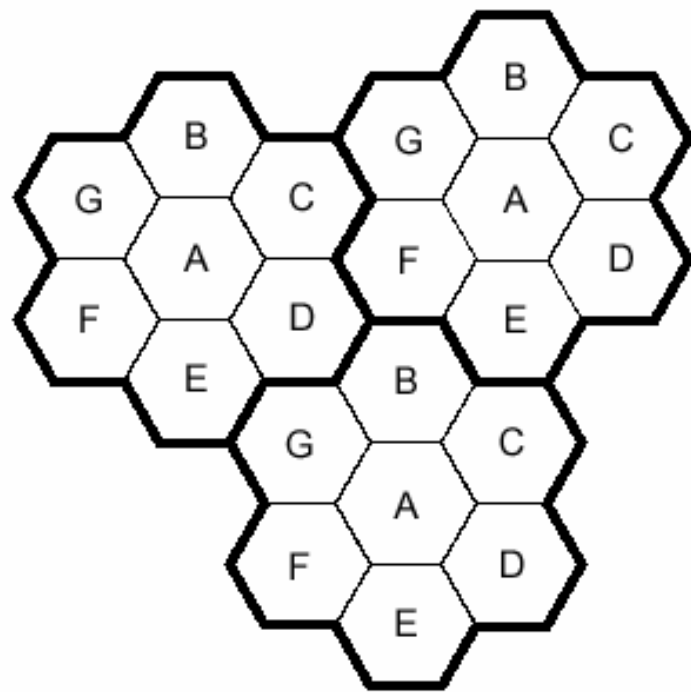
■ 模拟蜂窝电话

- 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

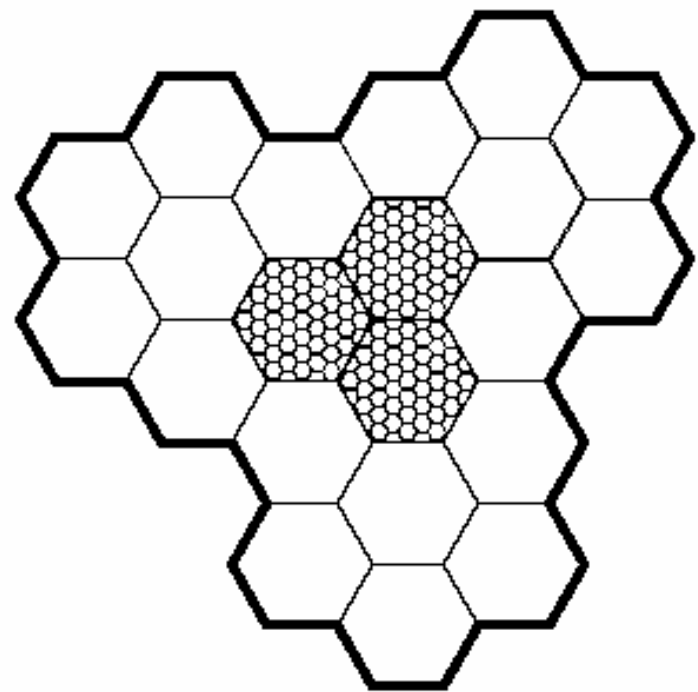


移动电话网络（续）

- 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