



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）

■ 物理层工作方式

- 连接方式（点到点，点到多点）
- 通信方式（单工，半双工，全双工）
- 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



EIA RS-232-C (续)

■ 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



EIA RS-232-C (续)

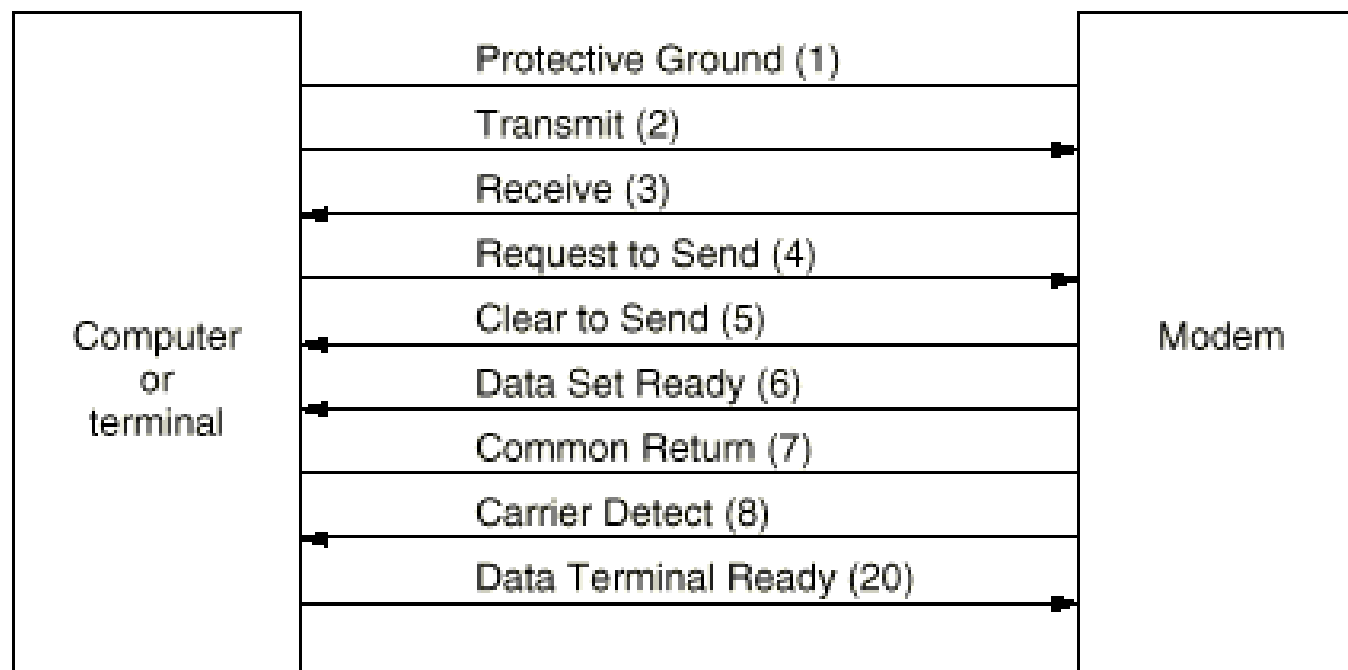


Fig. 2-21. Some of the principal RS-232-C circuits. The pin numbers are given in parentheses.



EIA RS-232-C (续)



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



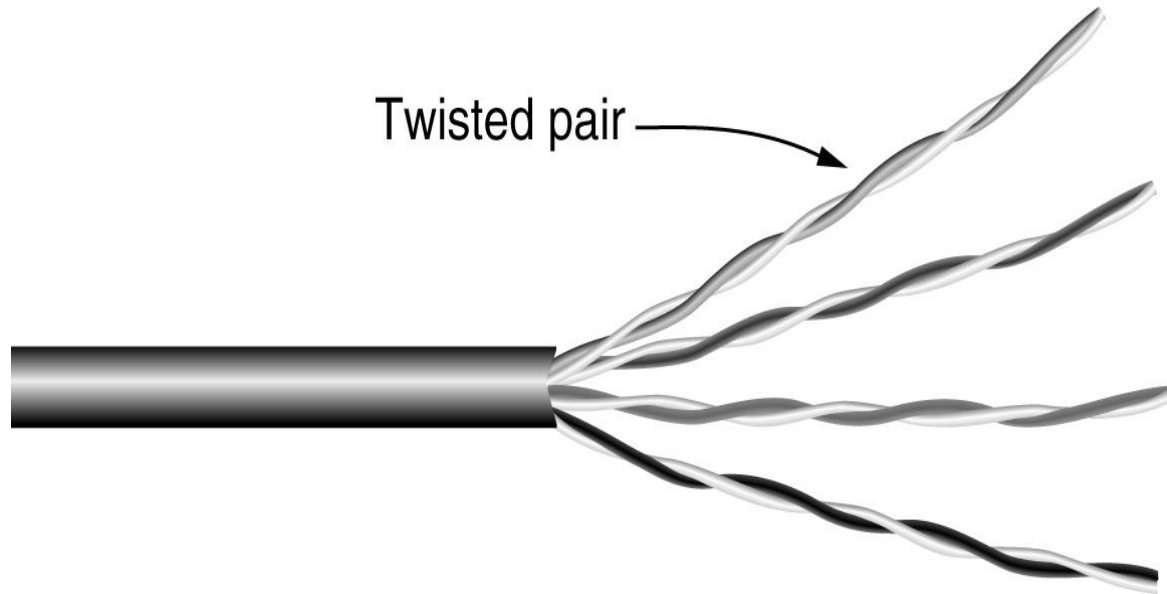
传输介质-双绞线

■ 双绞线

- 由两根具有绝缘保护层的铜导线按一定密度互相绞在一起，每根导线传输中辐射出来的电波会被另一根线上发出的电波抵消，有效降低信号干扰
- 通常用塑料套把4对双绞线封装在一起
- 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)

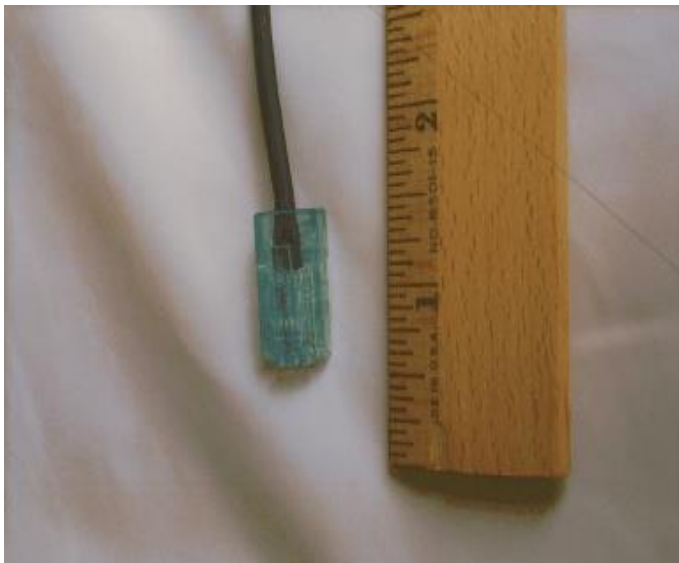


传输介质-双绞线（续）





传输介质-双绞线（续）



带有RJ - 45接头的双绞线



具有以太网卡的计算机背面



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-同轴电缆

- **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

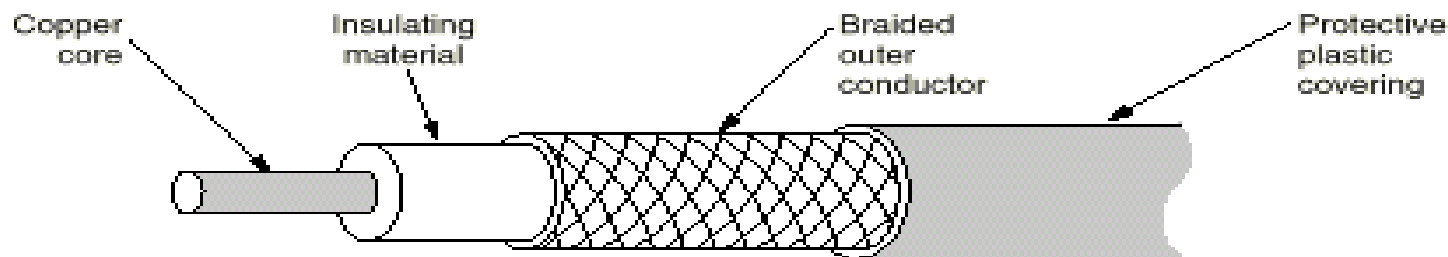


Fig. 2-3. A coaxial cable.



传输介质-光纤

■ 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多个波长的光，支持波分复用



传输介质-光纤（续）

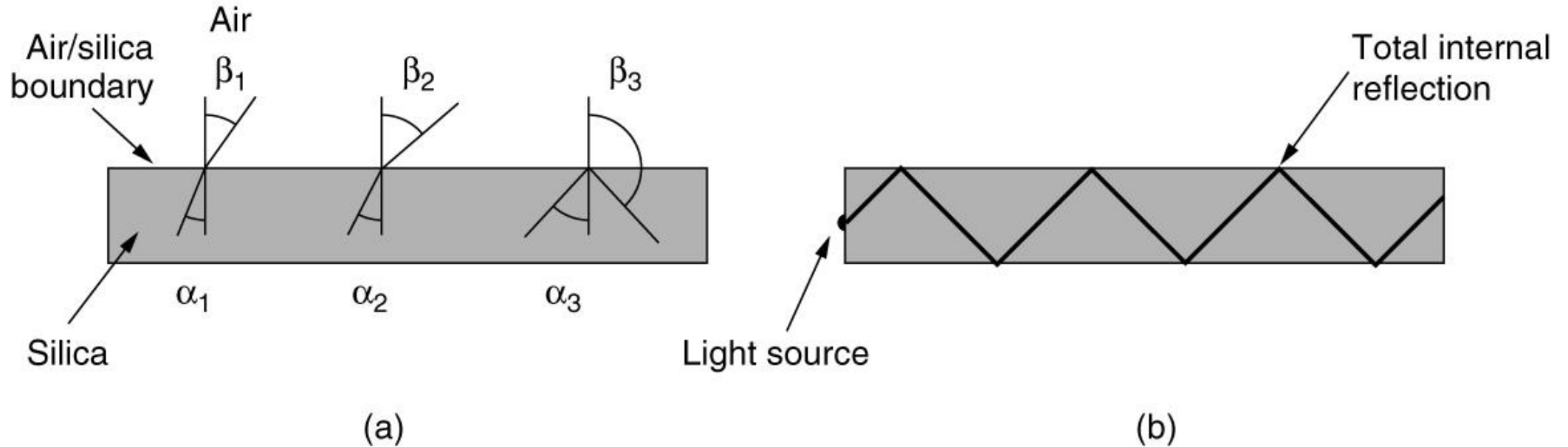


Figure (a) illustrates a light ray inside a silica fiber impinging on the air/silica boundary at different angles. Figure (b) illustrates light trapped by total internal reflection.



传输介质-光纤（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)

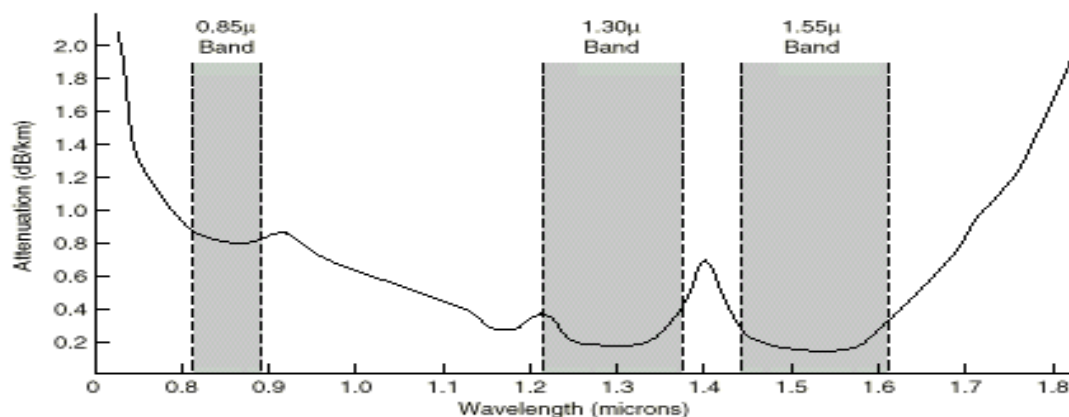


Fig. 2-6. Attenuation of light through fiber in the infrared region.



光纤和光缆

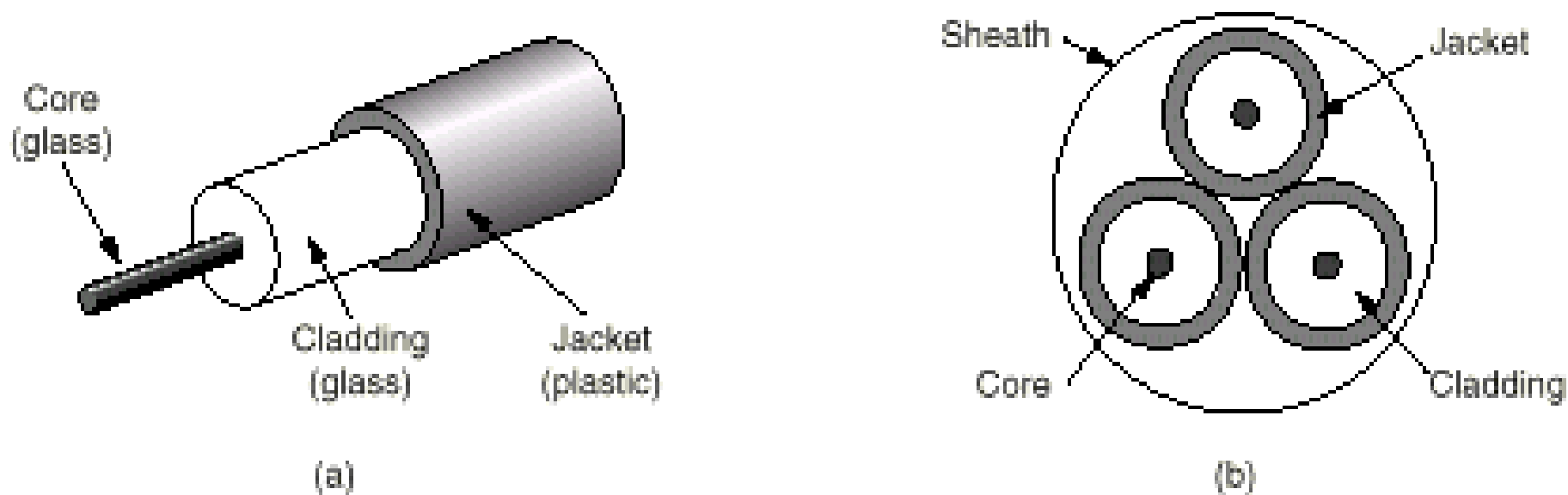


Fig. 2-7. (a) Side view of a single fiber. (b) End view of a sheath with three fibers.



传输介质-光纤（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



传输介质-光纤（续）

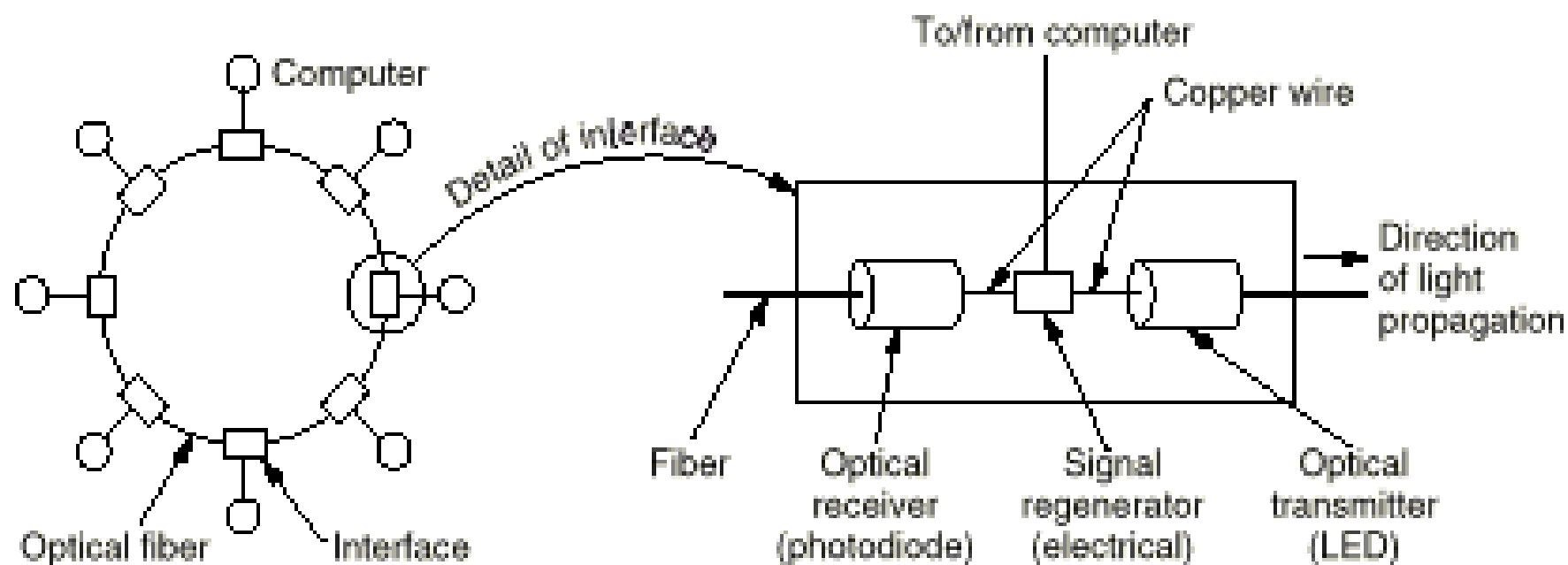


Fig. 2-9. A fiber optic ring with active repeaters.



传输介质-光纤（续）



Caption: Optical fiber cables connected to a switch



传输介质-光纤（续）



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

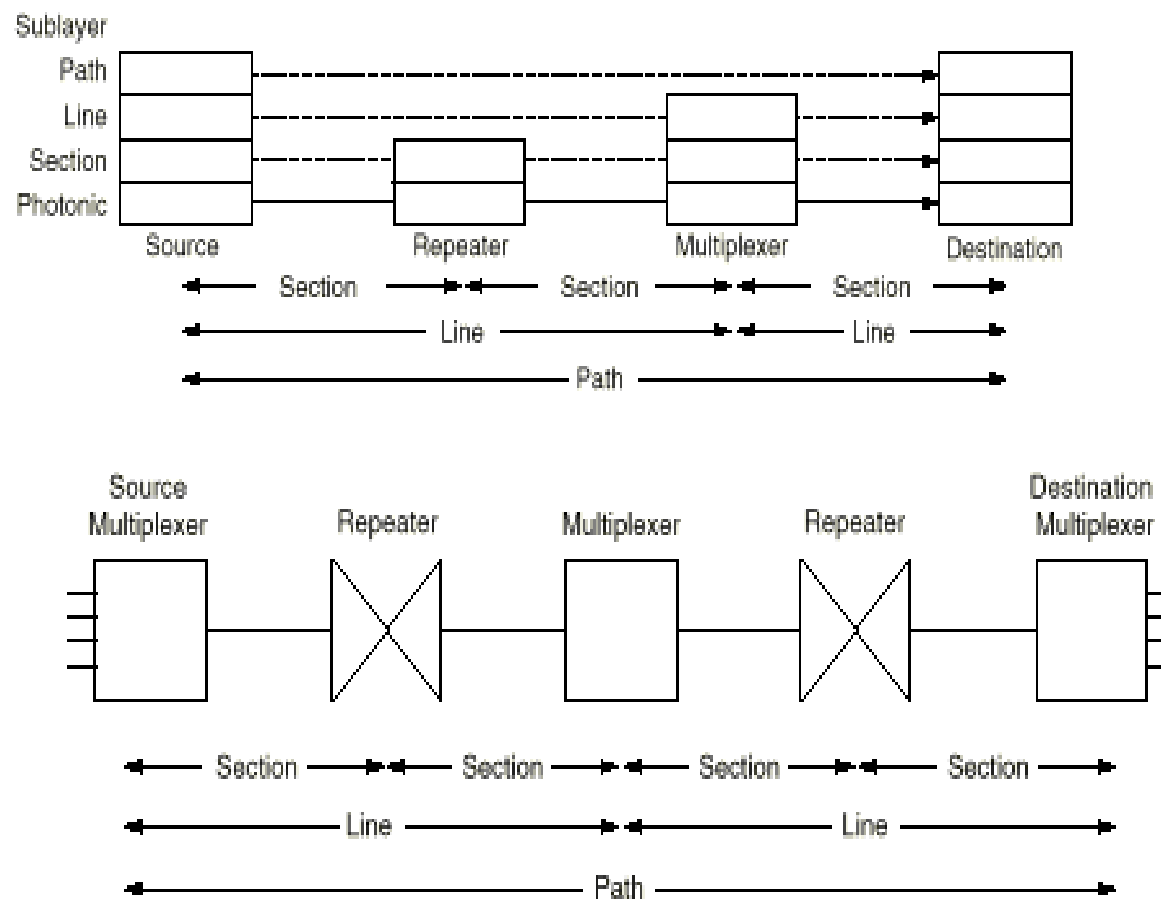


Fig. 2-29. A SONET path.



SONET/SDH帧

■ 基本SONET帧

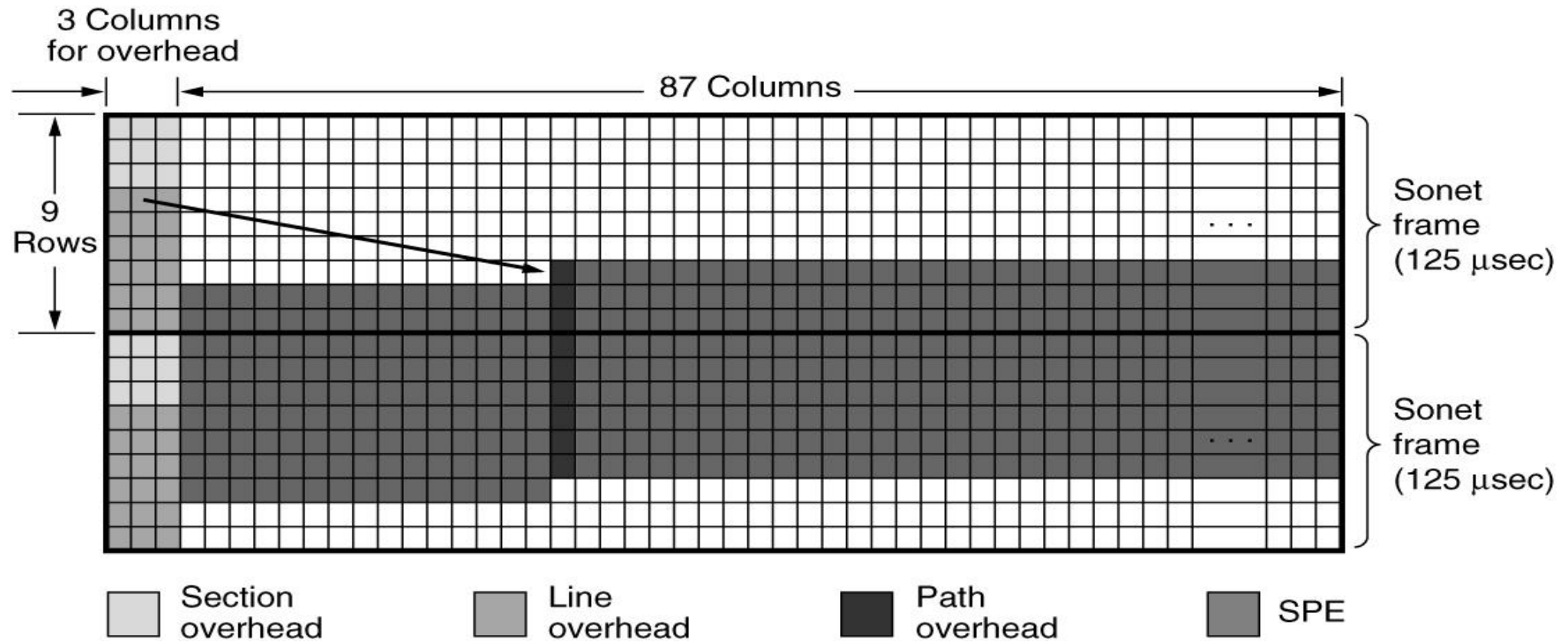
- 810 字节/125us, 所以传输速率为

$$810 \times \frac{8}{125 \times 10^{-6}} = 51.84 \text{ Mbps}$$

- 基本SONET信道称为**STS-1** (Synchronous Transport Signal-1)



SONET/SDH帧格式



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)

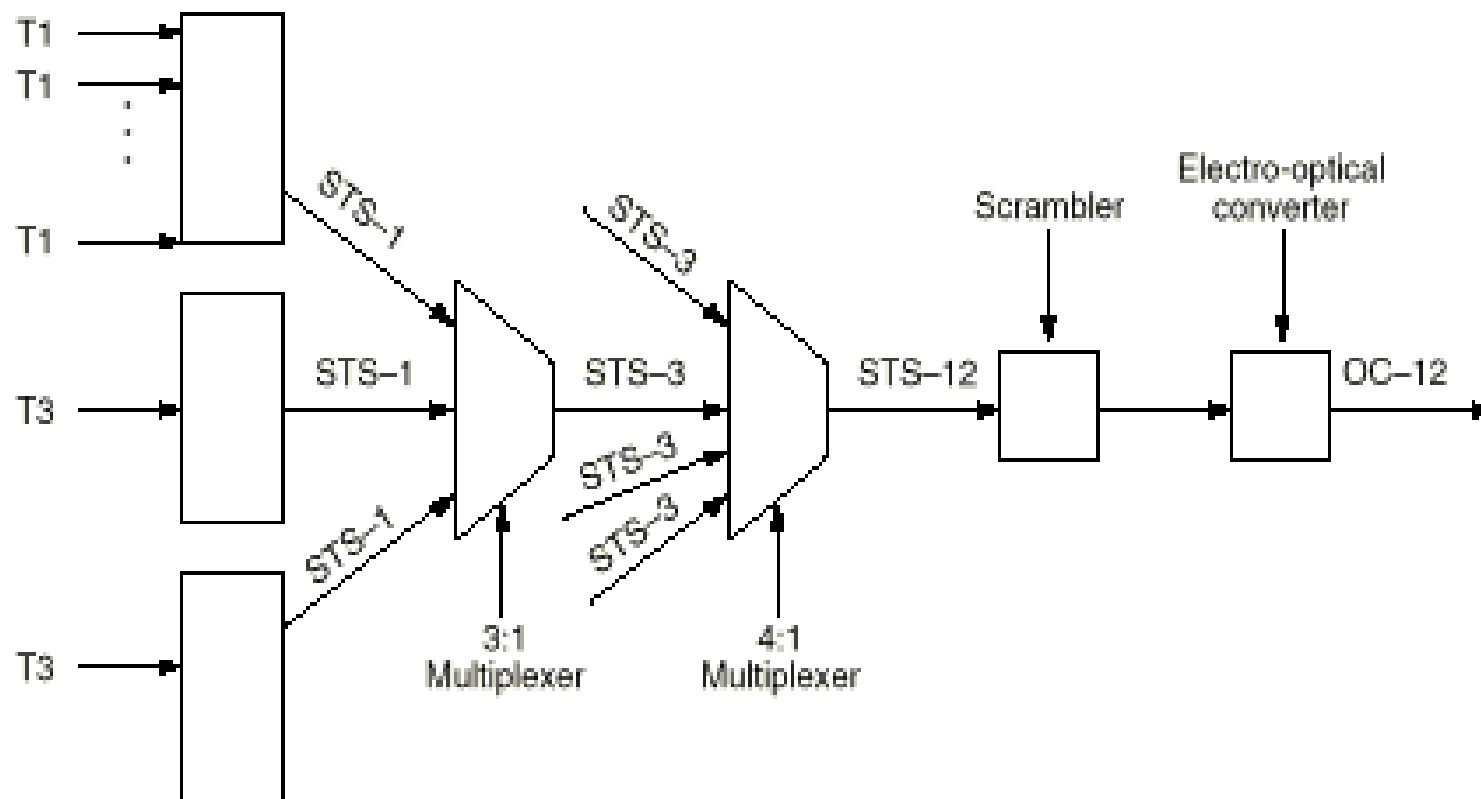


Fig. 2-31. Multiplexing in SONET.



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





移动电话网络（续）

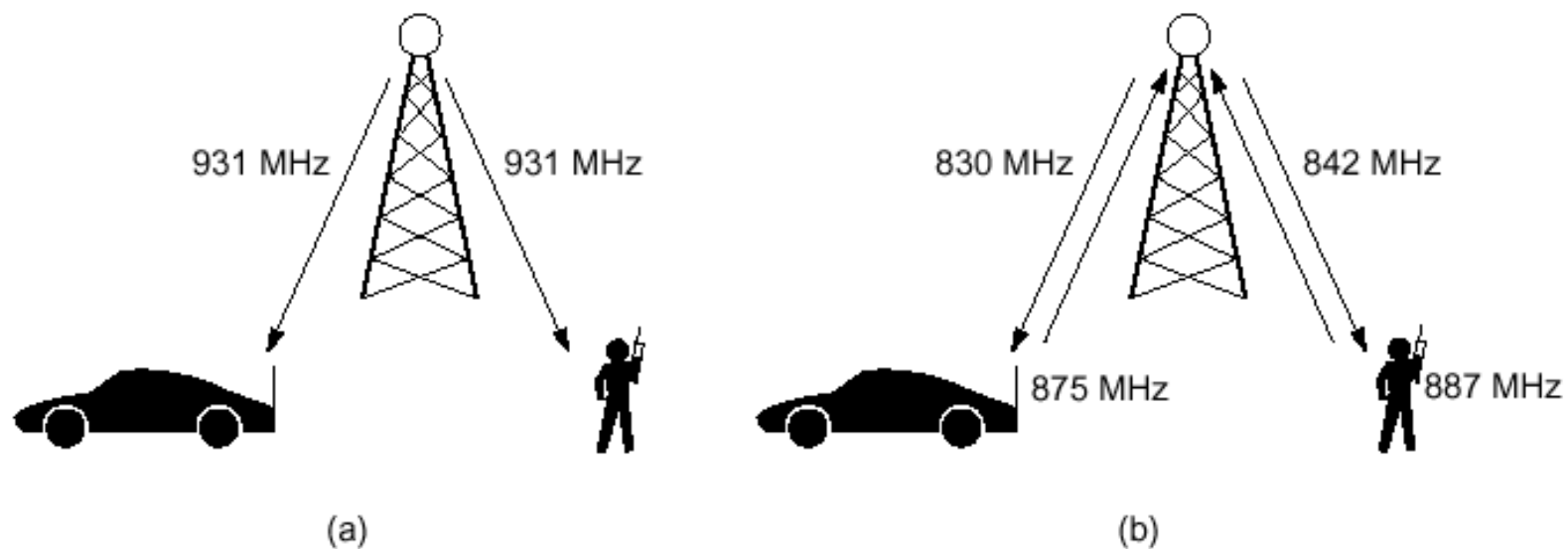


Fig. 2-53. (a) Paging systems are one way. (b) Mobile telephones are two way.



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



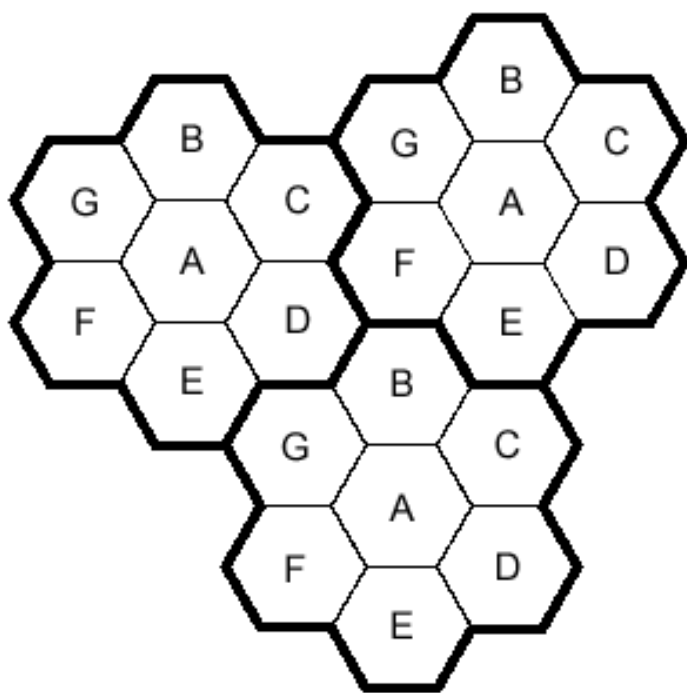


移动电话网络（续）

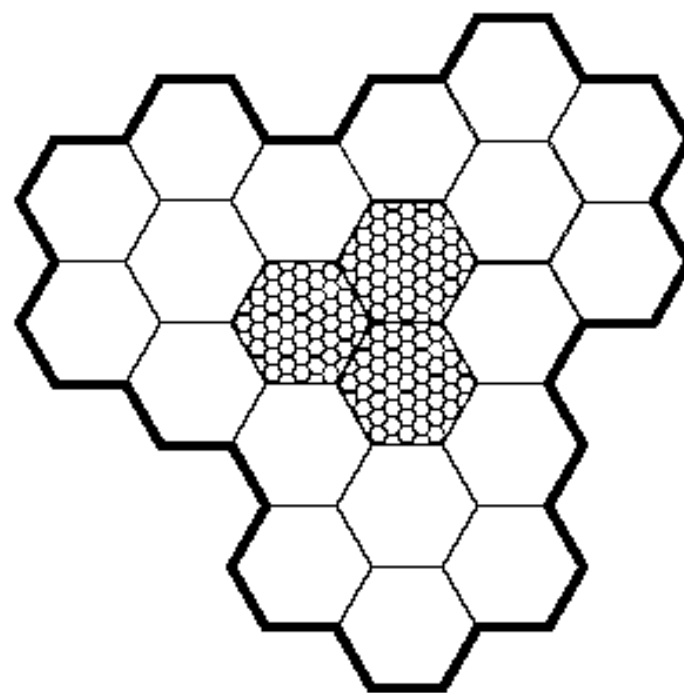
- 1982年，AMPS (Advanced Mobile Phone System)
 - 使用小的蜂窝 (cell)
 - 在附近（不相邻）的蜂窝中重用传输频率
 - 发射功率小，设备小而便宜
 - 当某个蜂窝内的用户超过系统容量时，将蜂窝划分成几个更小的蜂窝，以便重用频率，并将发射功率减弱
 - 在蜂窝中心，有一个基站 (base station)，基站包括一个计算机和与天线相连的收发器
 - 所有的基站通过包交换网络与MTSO (Mobile Telephone Switching Office) 或MSC (Mobile Switching Center) 相连，MTSO与电话系统相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



移动电话网络（续）



(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