

第十三章 通信网

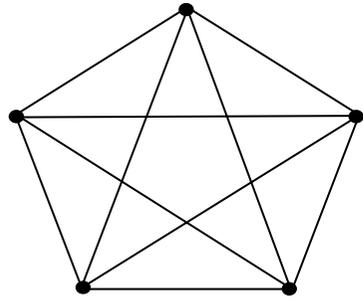
13.1 通信网的类型

➤ 通信系统分类:

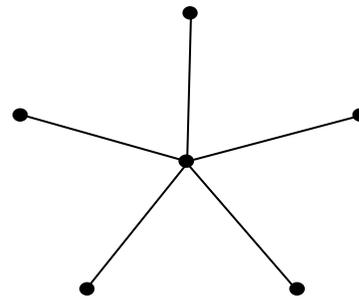
- 专线: 两点之间有一条链路。
- 通信网: 通信网由若干通信链路和交换设备组成。

- ### ➤ 链路: 占用给定频带和物理空间的信号通路。这个物理空间可以是自由空间, 也可以是一条用于传导电磁信号的媒体。

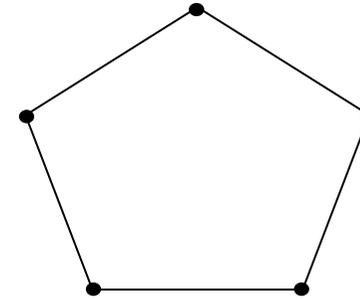
➤ 通信网按照拓扑结构分类:



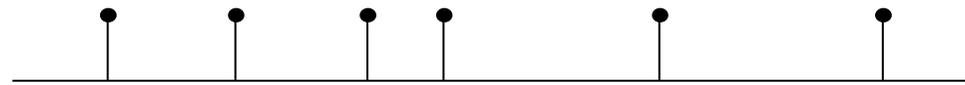
(a) 网型



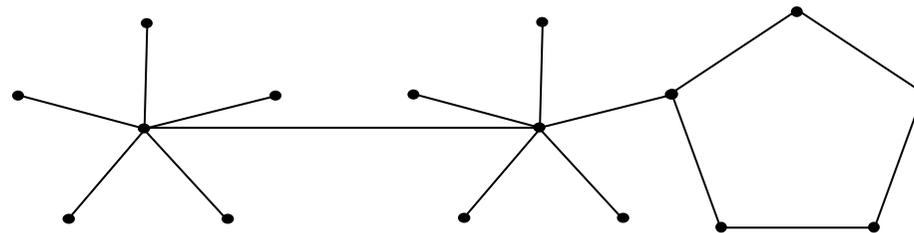
(b) 星型



(c) 环型



(d) 总线型



(e) 复合型

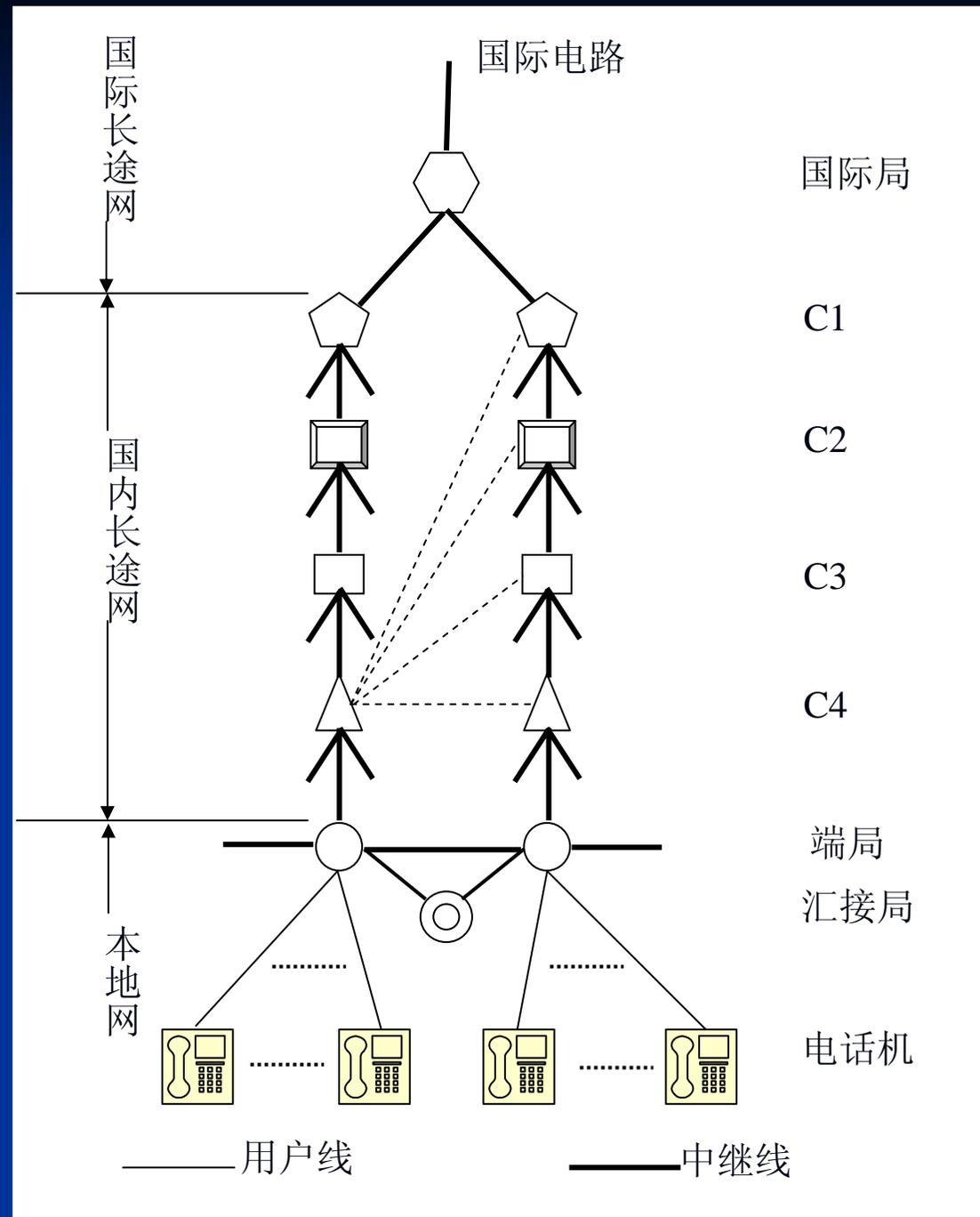
➤ 通信网按照功能分类:

- 电报网
- 电话网
- 电传(Telex)网
- 电视网
- 综合业务数字网 (ISDN)
 - 窄带综合业务数字网 (N-ISDN)
 - 宽带综合业务数字网 (B-ISDN)

13.2 电话网

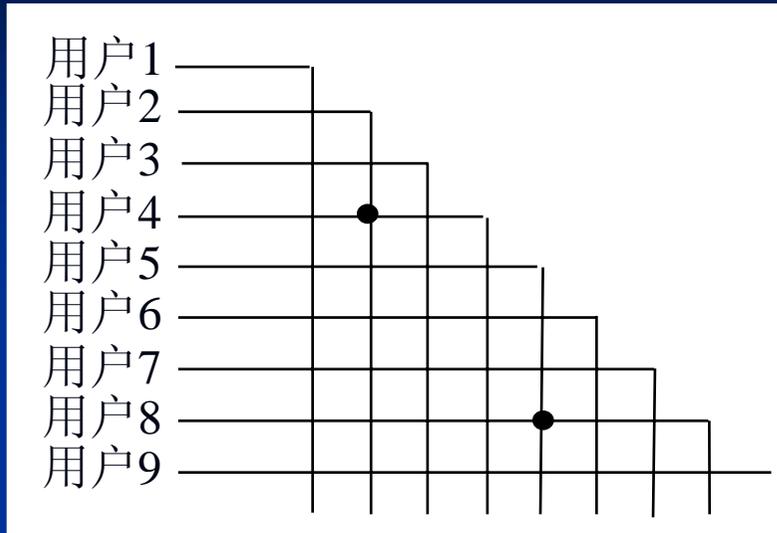
13.2.1 电话网的结构

- 电话网：由交换设备、传输线路和电话机组成。
- 电话网分类：
 - 专用交换电话网
 - 公共交换电话网（PSTN）：按覆盖范围区分为
 - 本地电话网：在一个统一号码长度的编号区内，由电话机、用户线、用户端局（简称端局）、汇接局、局间中继线和长市中继线组成。
 - 汇接局：汇聚各端局的连接，并与其他汇接局连接
 - 局间中继线：连接各端局和汇接局
 - 国内长途电话网：采用分级汇接制，它包含4个等级的交换中心，即大区交换中心（C1），为省交换中心（C2），地区交换中心（C3）和县市交换中心（C4）。
 - 国际长途电话网



13.2.2 电话网中的交换

➤ 空分交换：即电路交换



➤ 时分交换：采用时分复用PCM体制。只需将分配给各用户的时隙位置搬移，即可达到交换的目的。

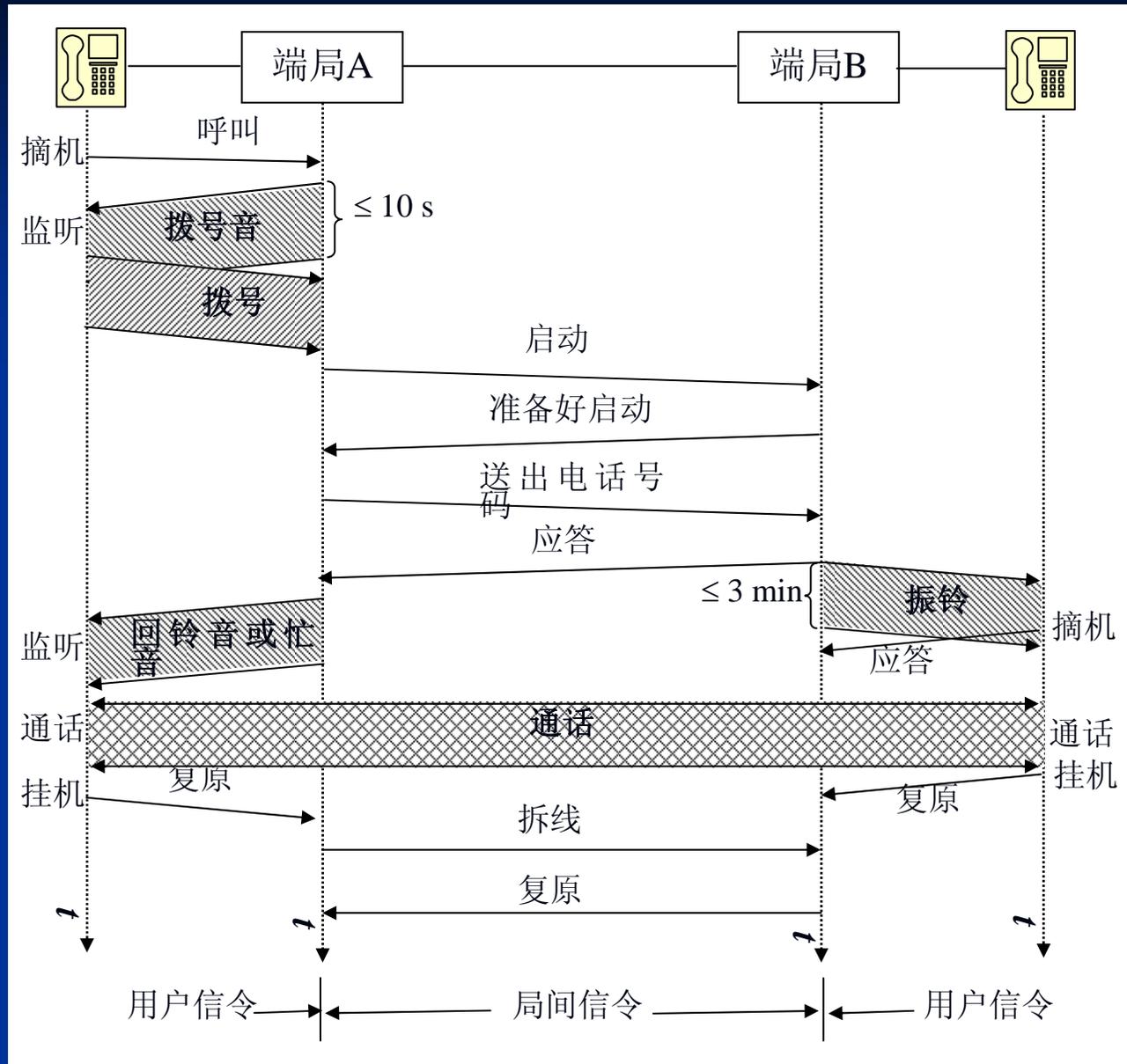
13.2.3 电话网中的信令

- 用户信令：目前我国电话机送出的用户信令都是模拟信令
 - 拨号脉冲：用直流脉冲的数目表示电话号码，平均每个阿拉伯数字需用0.5 s时间，故速度较慢。
 - 双音多频(DTMF)：从8个不同频率单音中选取两个的组合表示1位电话号码，每位数字仅需约0.08 s的时间。

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	备用
770 Hz	4	5	6	备用
852 Hz	7	8	9	备用
941 Hz	*	0	#	备用

- 局间信令：一般为数字信令
 - 随路信令：信令和用户语音在同一信道中传输。
 - 共路信令：通过一个独立的信令网络传输。

信令的功能和运行



13.2.4 电话网的性能指标

➤ 话务量

- 流入话务量 A 的定义:

$$A = \lambda \cdot h \quad (\text{Erl})$$

式中, h — 每次呼叫平均持续时间 (小时 / 次);

λ — 单位时间内平均呼叫次数 (次/小时)。

流入话务量表示每小时中平均线路占用时间。

- 成功话务量 A_0 的定义:

$$A_0 = \lambda_0 \cdot h \quad (\text{Erl})$$

式中, λ_0 — 单位时间 (1小时) 内呼叫成功次数;

➤ 呼损率

- 定义: 损失的话务量($A - A_0$)与流入话务量 A 之比

$$B = \frac{A - A_0}{A} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda}$$

- 成功话务量和呼损率之间的关系 $A_0 = A(1 - B)$

13.3 数据通信网

13.3.1 概述

➤ 按照覆盖范围分类:

- 局域网LAN (Local Area Network)
- 城域网MAN (Metropolitan Area Network)
- 广域网WAN (Wide Area Network)
- 个（人区）域网PAN(Personal Area Network)
无线个域网WPAN(Wireless Personal Area Network)

➤ 按照传输方式分类:

- 有线数据通信网
- 无线数据通信网:
无线局域网WLAN(Wireless LAN)或RLAN(Radio LAN)

➤ 按照用途分类:

- 专用数据网
- 公共数据网: 增值网、信息交换网

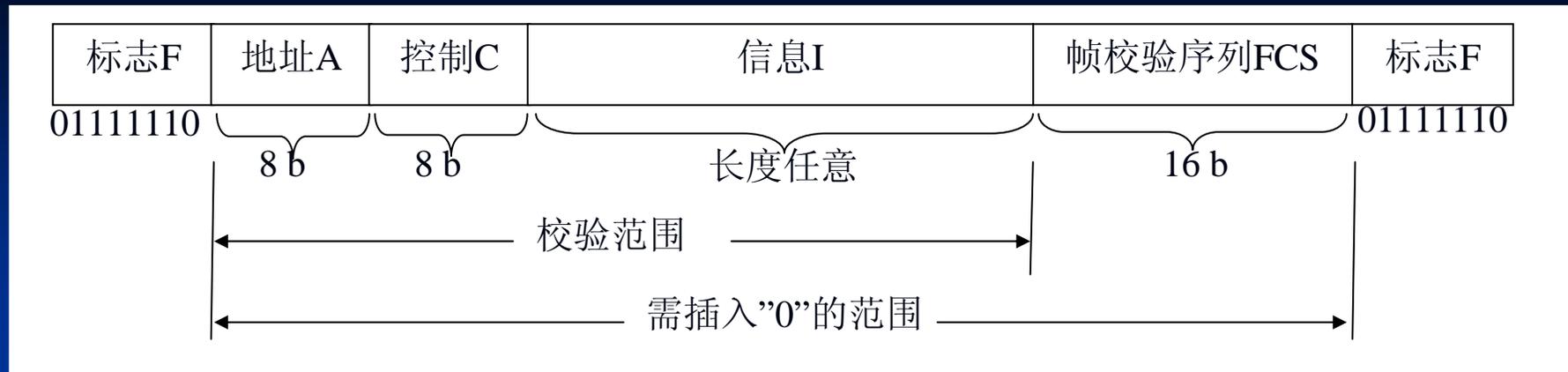
13.3.2 数据通信网中的交换

- 电路转接
- 信息转接：“存储-转发”
 - 报文交换(Message-switching)
 - 分组交换(Packet-switching)

13.3.3 分组交换原理

- 分组交换时，首先将输入数据分成长度相同的分组，然后按照高级数据链路控制（**HDLC**）规程，附加上地址和其他控制信息，组成一帧，再发送出去。
- **HDLC**是一种由国际标准化组织（**ISO**）制定的国际标准。

➤ HDLC的帧结构



■ 标志字段F: “01111110”

消息中，发现有5个连“1”，则立即插入一个“0”。

■ 地址字段A:

□ A共有8 b: 全“1”是广播地址、全“0”是无效地址。

□ 地址字段长度的扩展。

■ 控制字段C:

□ 长度为8 b，用于信令、应答和管理等。

□ 按照其第1比特或第1和2比特的取值不同，将HDLC帧分为3类:

■ 信息帧I

■ 监督帧S

■ 无编号帧U

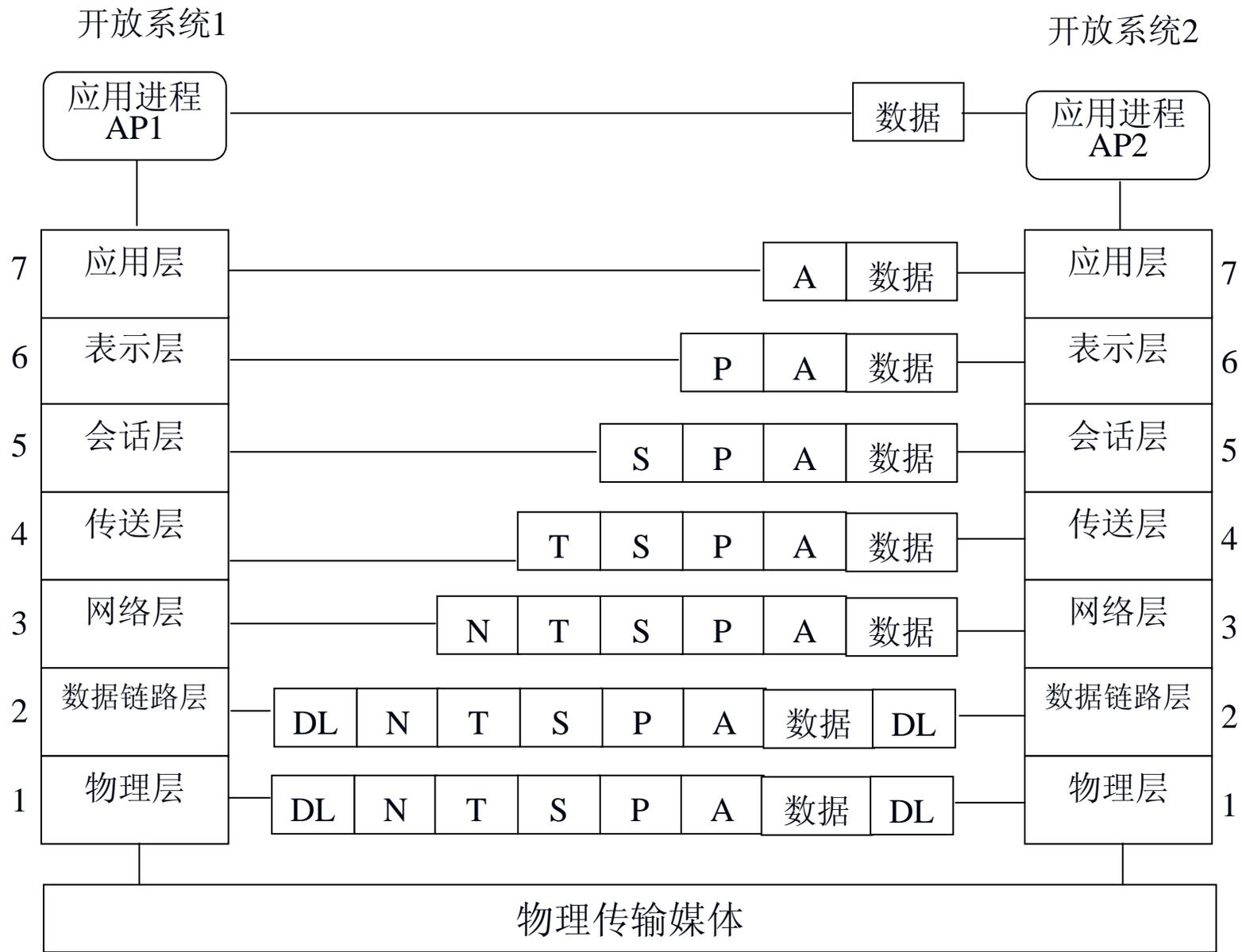
比特	1	2	3	4	5	6	7	8
信息帧I	0	N(S)			P/F	N(R)		
监督帧S	1	0	S		P/F	N(R)		
无编号帧U	1	1	M		P/F	M		

□ 监督帧第3~4位的功能

S	名称	功能
00	RR – 准备好接收	表示准备好接收下一帧 $N(R)$ ，并确认已收妥序号为 $N(R) - 1$ 和其前的各帧。
10	RNR – 未准备好接收	表示未准备好接收下一帧，并确认已收妥序号为 $N(R) - 1$ 和其前的各帧。
01	REJ – 拒绝	表示从 $N(R)$ 起的所有帧的接收有差错，但确认已收妥序号为 $N(R) - 1$ 和其前的各帧。
11	SREJ – 选择性拒绝	只序号为 $N(R)$ 的帧接收有差错。

- 信息字段I：信息字段I的长度可以任意规定，但是其中定义的每个字符的比特数必须是固定的。
- 帧校验序列FCS：标志F不在监督范围内
循环码生成多项式为： $x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$

13.3.4 开放系统互连参考模型



- 物理层：提供一个透明传输比特流的物理连接。
- 数据链路层：负责在两个相邻节点间的链路上，以帧为单位无差错地传输数据。
- 网络层：负责选择适当的路由和交换节点。
- 运输层：负责在网络内的两个实体之间建立一条端到端的信道，传送数据的单位是报文。
- 对话层：负责网络登录和注销、身份鉴别和运作方式等，以建立一次“对话”的逻辑连接关系。
- 表示层：作必要的编码或语法变换，使不同类型的设备能够互相通信。
- 应用层：确定进程之间通信的性质以满足用户的需要。

报头 —— 为了实现各层的功能，各层需要在上一层送来的数据分组前加上报头。

13.4 综合业务数字网(ISDN)

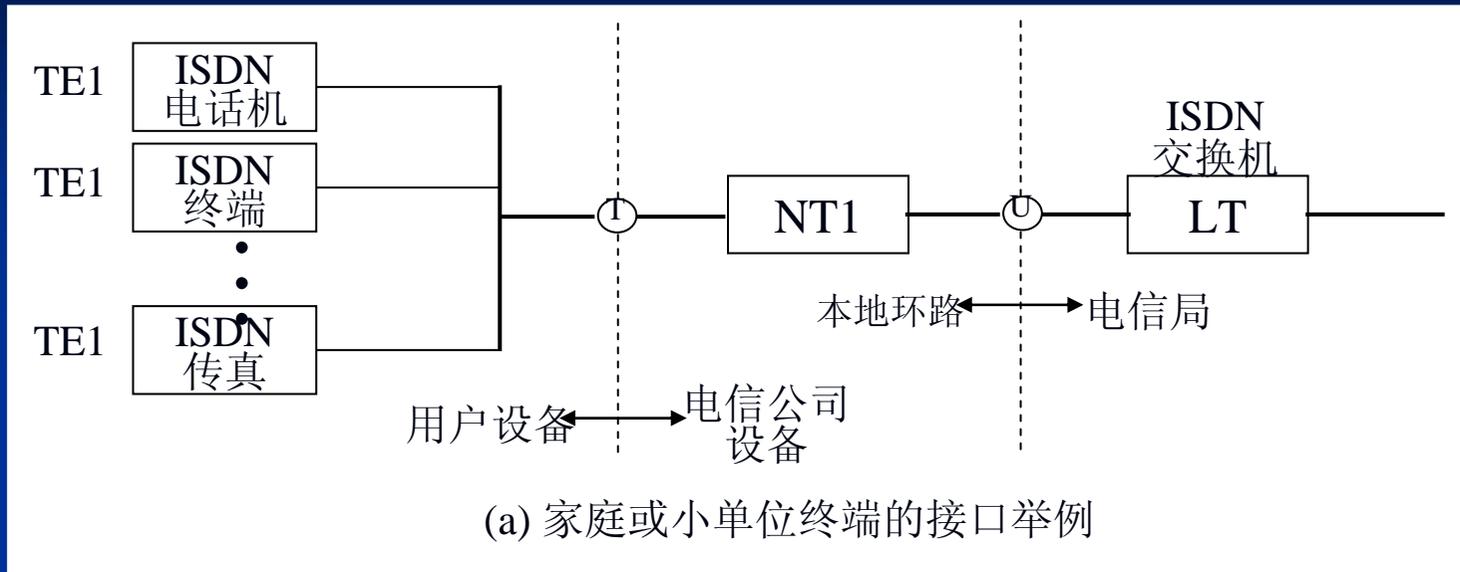
13.4.1 窄带综合业务数字网(N-ISDN)

➤ N-ISDN的信道类型： 3种标准信道

- **B信道**：传输速率为64 kb/s，用于传输数字语音或数据等用户数字信息。
- **D信道**：传输速率为16或64 kb/s，用于传输信令、遥控信息和（或）分组数据等。
- **H信道**：用于传输用户信息，有3种不同的传输速率，即
 - **H0信道** — 传输速率为384 kb/s，
 - **H1信道**：又分两种速率
 - H11信道 — 传输速率为1 536 kb/s，
(主要用于北美、日本和韩国等)
 - H12信道 — 传输速率为1 920 kb/s，
(主要用于欧洲和中国大陆)

➤ N-ISDN的接口：分两种

■ 第1种接口：适用于家庭用户或小单位



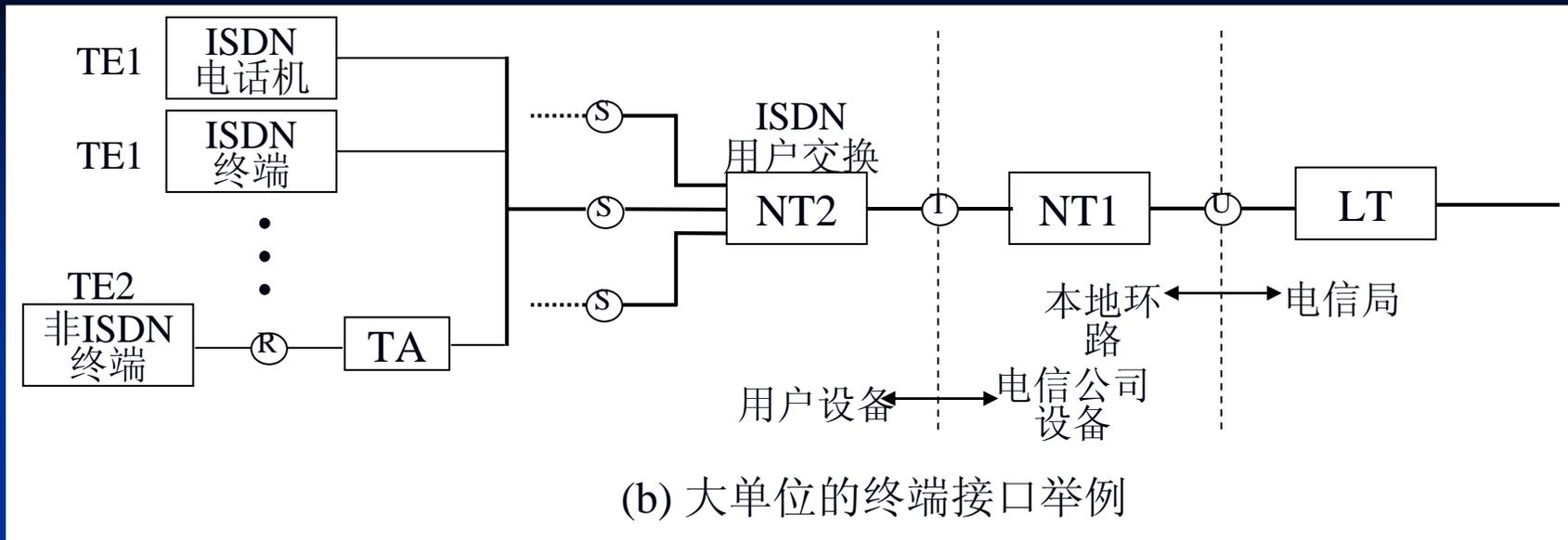
□ TE1: 第1类ISDN终端设备。

□ NT1: 第1种网络终端，在物理层以时分复用方式支持多个信道（即2B+D）输入。

□ T: NT1和TE1的接口参考点，最多接8个TE1。

□ U: NT1和ISDN的接口参考点

■ 第2种接口：适用于大单位



- **TE2**: 第2类终端设备(非ISDN终端设备)。
- **TA**: 终端适配器，它将用户数据转换成ISDN的数据格式，并在需要时加入附加的信令。
- **R**: 非ISDN终端和TA的接口参考点。
- **NT2**: 第2种网络终端，是有智能的，并且可能有集中和交换功能。
- **S**: NT2的接口参考点，可以有多个。

➤ 网络-用户物理接口的标准结构

■ 基本速率接口 (BRI)：适合小容量用户， $2B + D$

□ B: 64 kb/s; D: 16 kb/s

□ 总速率: $2B+D+\text{开销} = 192 \text{ kb/s}$

■ 基群速率接口 (PRI)：适合大容量用户， $nB + D$

□ B: 64 kb/s; D: 64 kb/s

□ 欧洲和中国大陆等地: $30B+D+\text{开销} = 2048 \text{ kb/s}$

□ 北美、日本和韩国等地: $23B+D+\text{开销} = 1544 \text{ kb/s}$

■ H信道接口：例

□ $(5H_0 + D)$ 组成2048 kb/s的基群接口

□ $4H_0$ 或 $(3H_0 + D)$ 组成1544 kb/s的基群接口

■ B信道和H信道组成的混合接口

13.4.2 宽带综合业务数字网(B-ISDN)

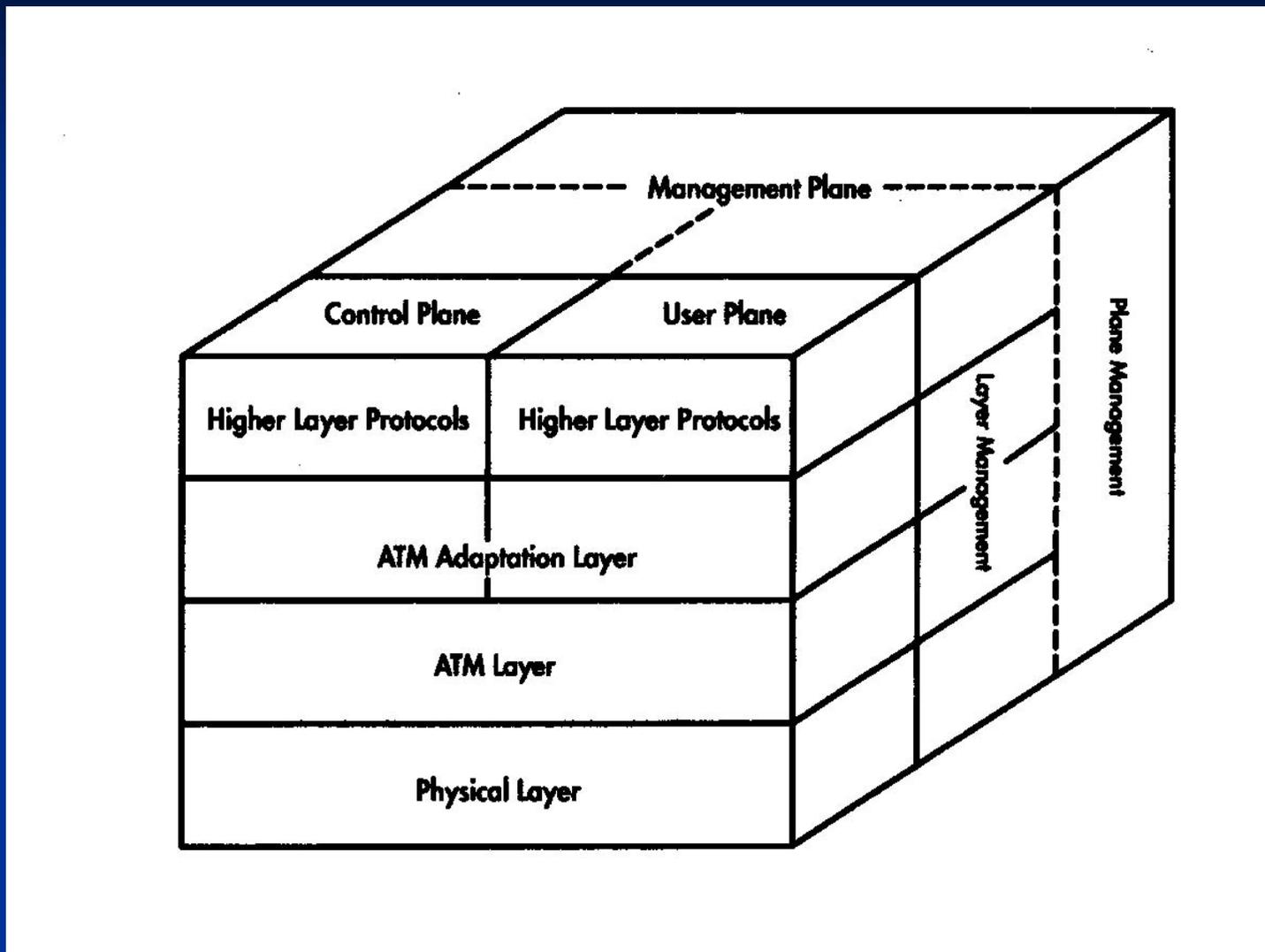
➤ 有关概念

- 信息传递方式 (ITM) : 包括信息在电信网络中的复用、传输和交换。
- 信元(cell): 它是长度固定的一个数据分组。
- 异步传递方式 (ATM) : 在这种传递方式的时分复用信号中, 一个用户的信息信元不一定是周期性地出现的。
- 同步传递方式 (STM) : 在这种传递方式的时分复用信号中, 将信元周期性地轮流提供给各个用户。
- 异步时分复用: 它是指将每个时隙的信元, 按照各个用户的瞬时实际需要, 不固定地分配给各用户。
- 同步时分复用: 它是支持STM的时分复用技术。

ITU-T建议: 在B-ISDN中采用ATM作为B-ISDN中的信息传递方式。

➤ **B-ISDN的协议参考模型**

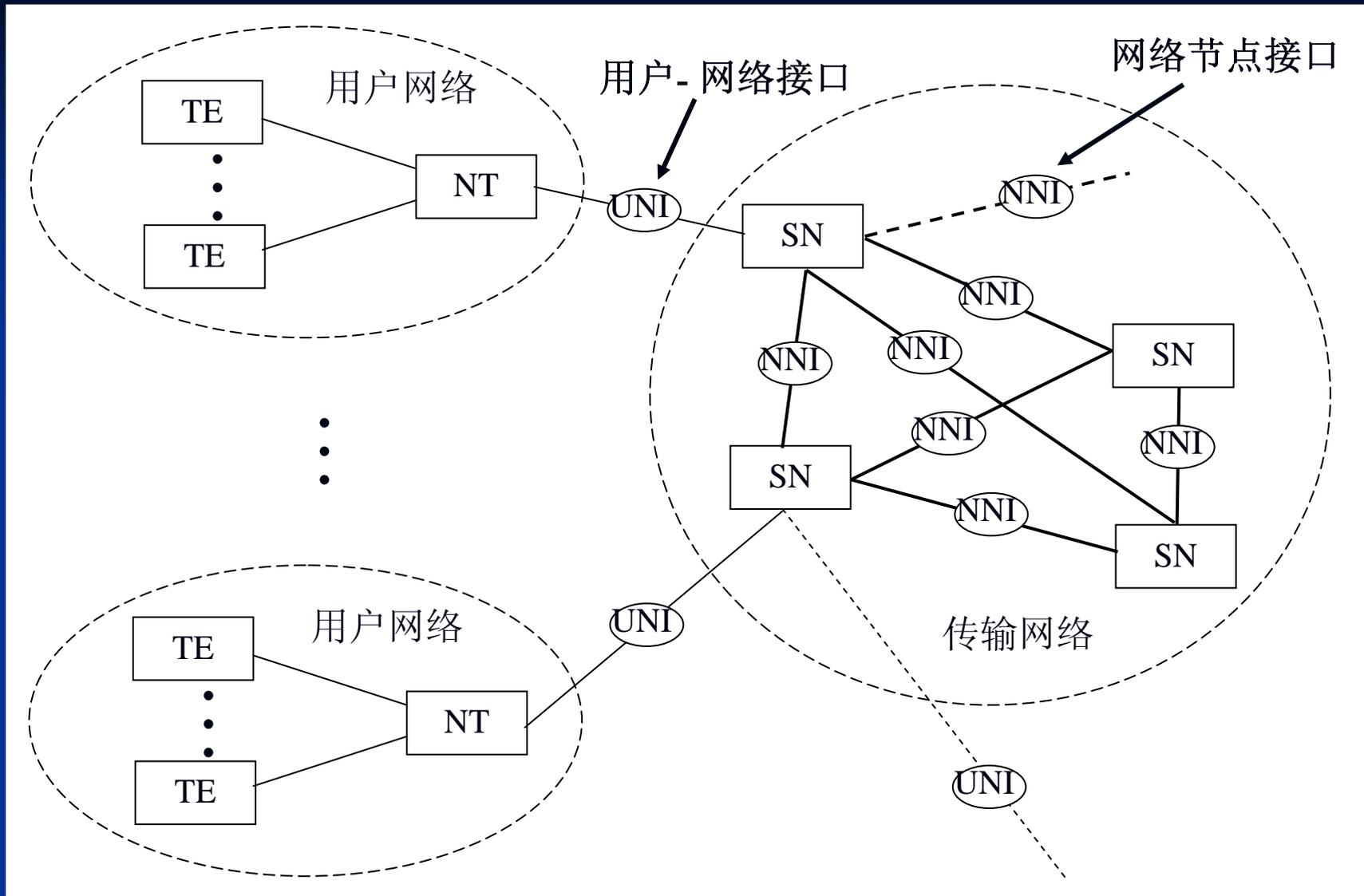
- **模型分成3个平面：用户平面、控制平面和管理平面**



- **用户平面共分4层：物理层、ATM层、ATM适配层和更高层(higher layers)。**

- 物理层：和OSI参考模型中的第1层功能基本相同。
- ATM层：使信息在其中透明传输。其功能是负责连接和复用。
- ATM适配层：其功能是提供各种业务、进行信元的装配和拆卸、解决传输抖动、进行流量控制和差错控制等。
- 更高层：用户层，其功能还有待研究。

➤ ATM网络的结构：由用户网络和传输网络组成



- 用户网络：由终端设备TE、网络终端NT和传输链路组成
- 传输网络：由交换节点SN和传输链路组成。

➤ ATM层

■ 功能

□ 连接：提供端-端传递能力。

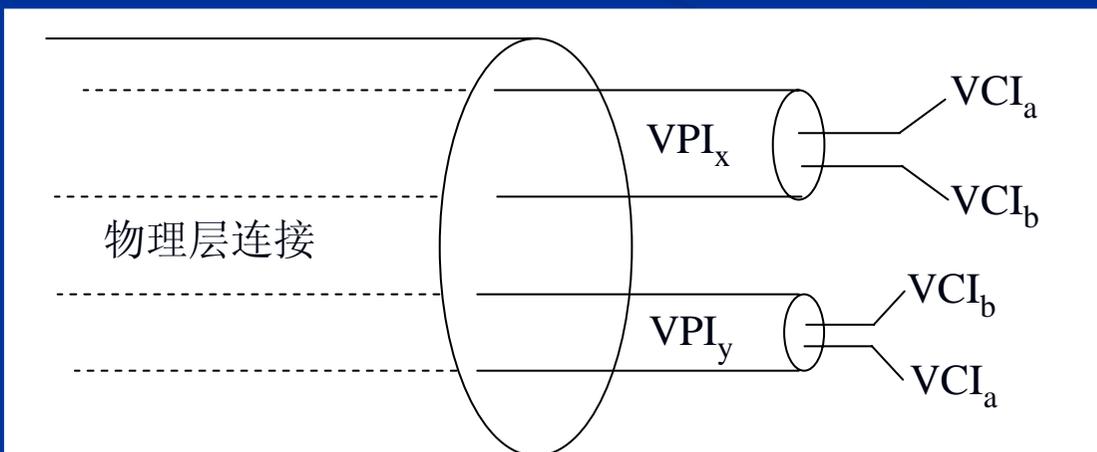
■ 虚路径VP链路：连接和复用物理层的链路，用虚路径标识符VPI 来识别。

■ 虚信道VC 链路：在一段VP连接中又有若干虚信道VC，用虚信道标识符VCI 来识别。

■ VPI和VCI的关系：

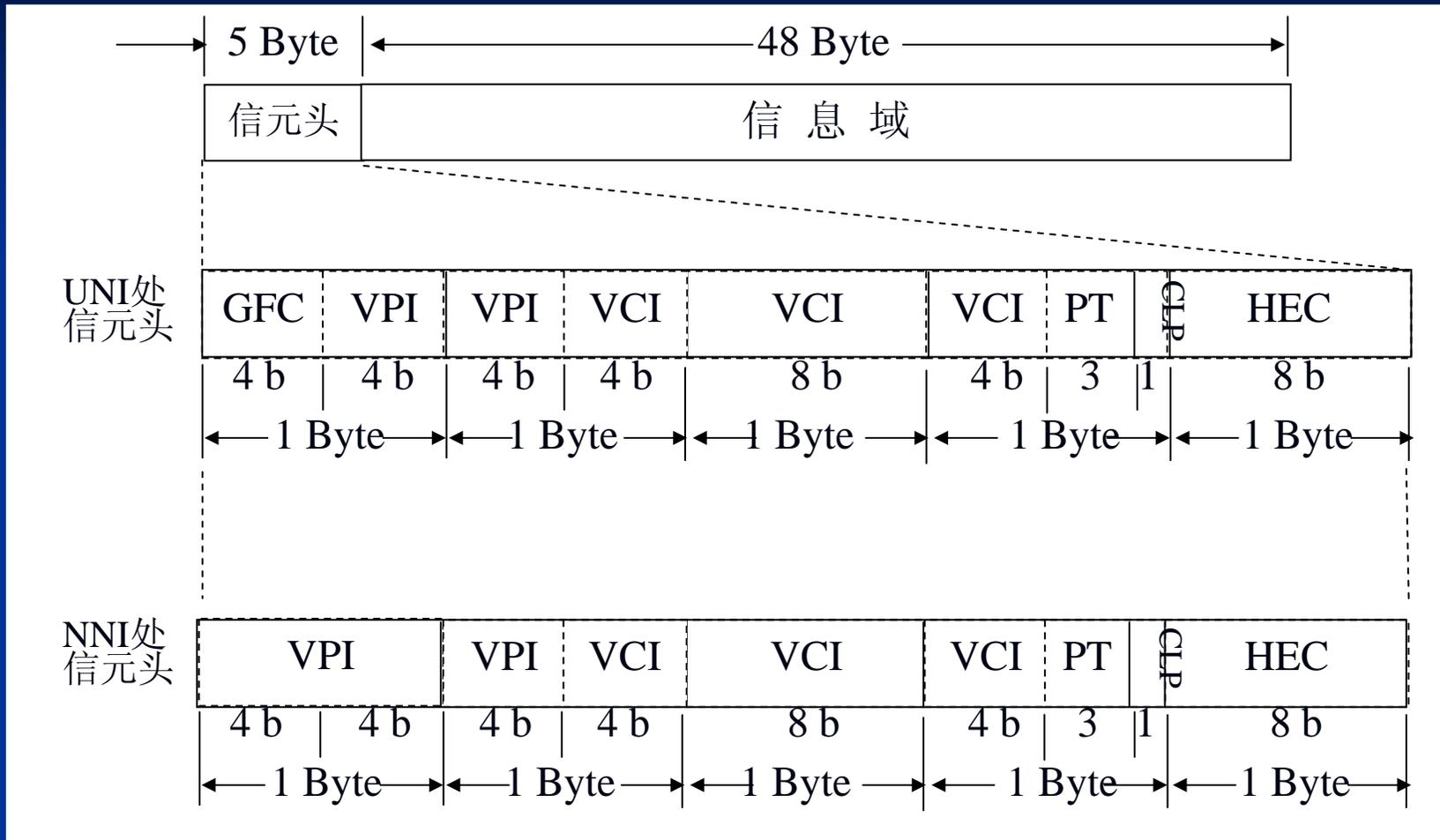
□ 交换：和一般数字交换机的基本原理相同。

□ 交叉连接：完成VP交换，不需要进行信令处理，从而能实现极高速率的交换。



□ 复用：复用的信息流由固定长度的信元组成。

■ 信元的结构：



GFC — 一般流量控制； CLP — 信元丢失优先等级；
PT — 有用负荷类型； HEC — 信元头差错控制。

➤ ATM适配层 (AAL)

■ 功能:

- 将更高层的协议数据单元PDU映射到ATM信元中的信息域，或反之；
- 处理传输差错、处理由于信元的信息域长度不够而产生的量化误差、处理信元丢失和信元错位，以及流量控制和定时控制等。
- 支持更高层的多种应用业务：

	A类	B类	C类	D类
定时关系	有要求		无要求	
比特率	不变	可变		
连接模式	面向连接			无连接

- 例：A类为比特率恒定的视频业务，B类为比特率可变的视频业务，C类为面向连接的数据传输，D类为无连接的数据传输。

13.5 移动通信网

13.5.1 概述

➤ 移动通信:

- 泛指在移动对象之间或固定对象和移动对象之间的通信。
- 通信对象可以在运动中通信。

➤ 移动通信种类:

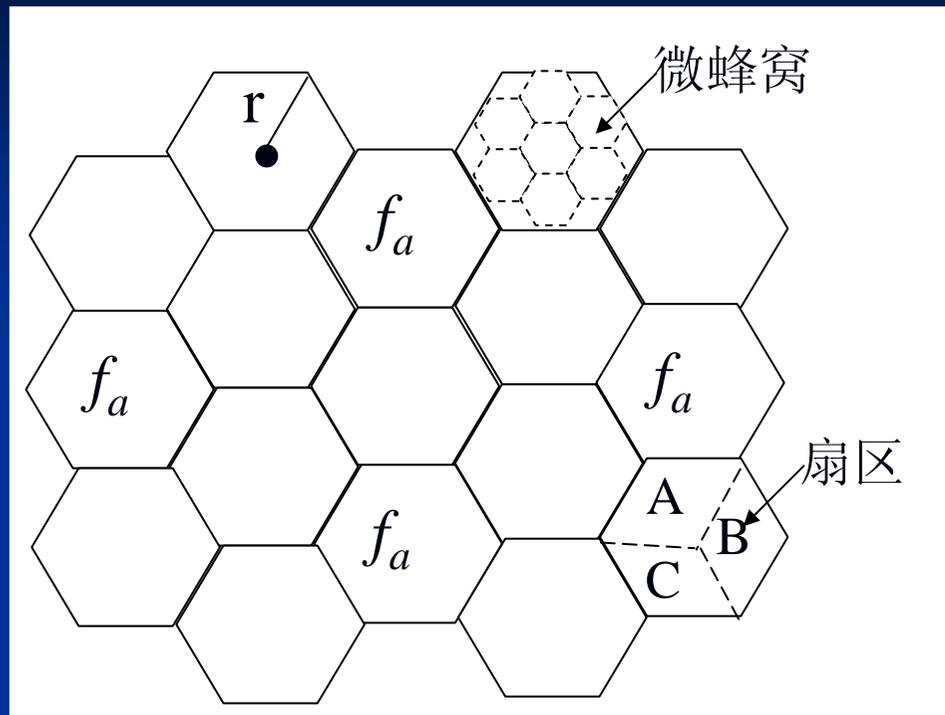
- 按照通信类型分: 移动电话、移动数据、移动多媒体通信、无线寻呼(paging)等。
- 按照工作方式分: 单工、半双工、双工通信等。
- 按照组网方式分: 专线(对讲)、广播网、集群网、自组织网、蜂窝网等。

➤ 蜂窝网: 解决地面移动通信的主要方法

- 第一代蜂窝网: 模拟调制体制
- 第二代蜂窝网: 数字调制技术, 于1991年诞生。
- 第三代蜂窝网: 我国将于2005年投入运行。

13.5.2 蜂窝网的小区划分和频率规划

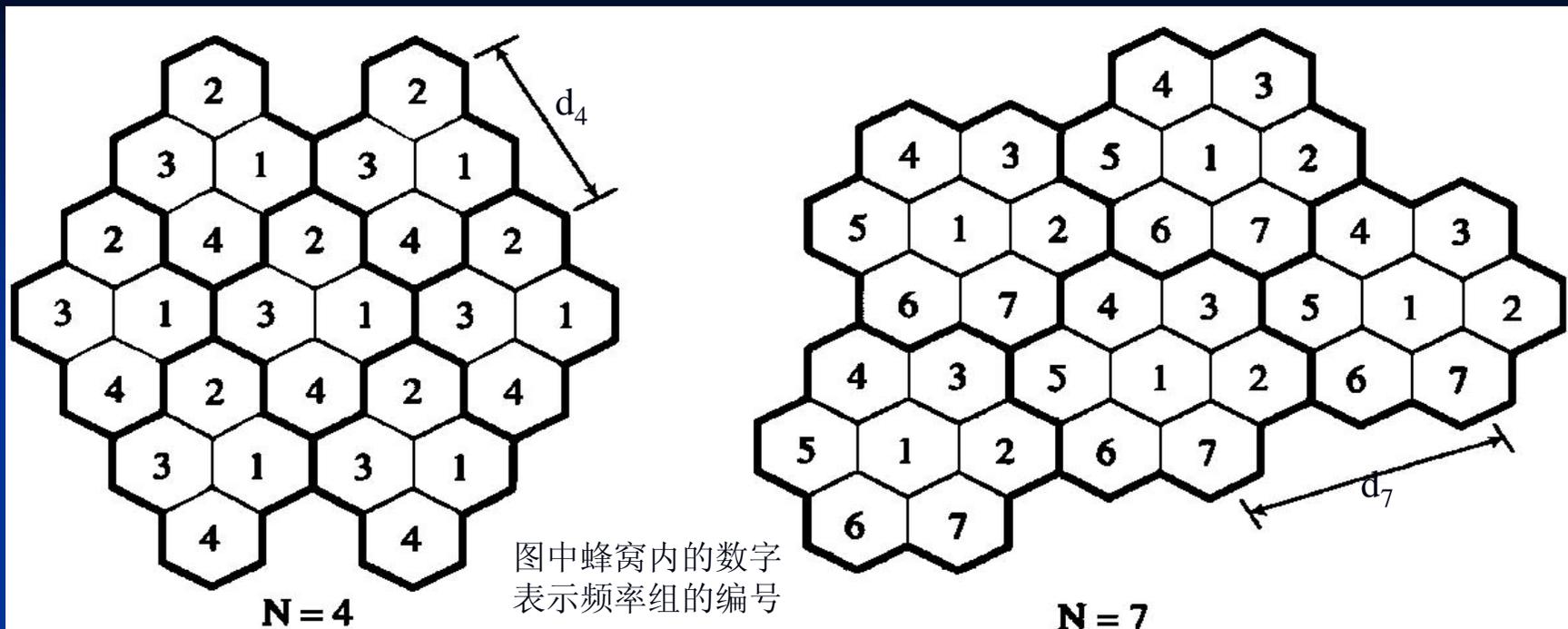
➤ 蜂窝网的目的：重复使用频率，解决频率资源不足问题。



➤ 进一步解决频率不足问题：

- 微蜂窝
- 扇区

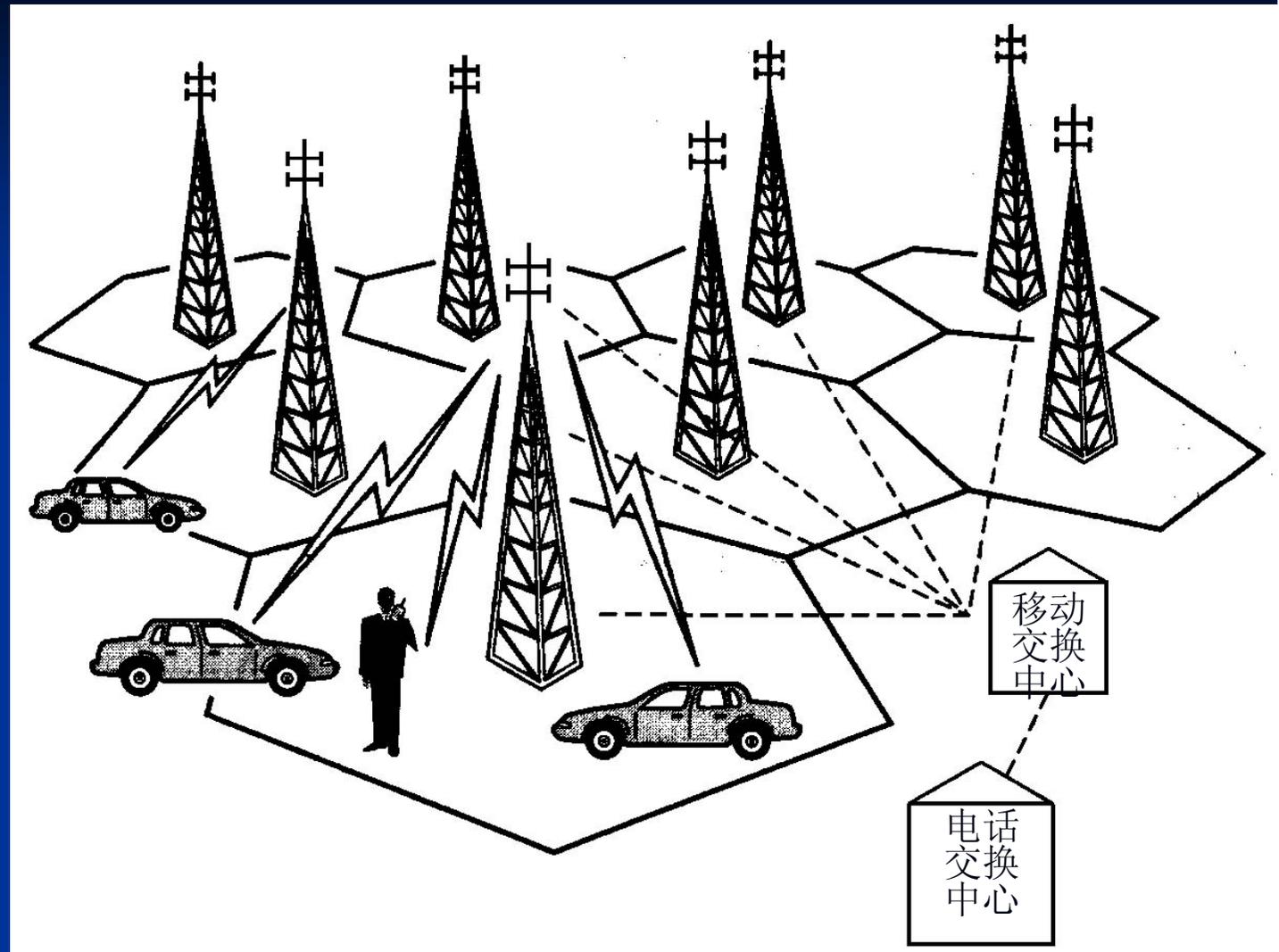
➤ 频率划分方案:



- 4组频率: 相邻同频基站的距离 $d_4 = 2\sqrt{3}r = 3.46r$
- 7组频率: 相邻同频基站的距离 $d_7 = 4.5r$

13.5.3 蜂窝网的组成

- 基站
- 移动台
- 切换
 - 硬切换
 - 软切换
- 漫游



13.5.4 第二代蜂窝网的体制

➤ 我国采用的体制：**GSM、CDMA**

➤ **GSM体制**

■ **工作频段：**

□ **900MHz：** 共有**174**个双向信道

上行：**880 ~ 915 MHz**

下行：**925 ~ 960 MHz**

□ **1800MHz：** 共有**374**个双向信道

上行：**1710 ~ 1785MHz**

下行：**1805 ~ 1880 MHz**

（1800 MHz的GSM系统又称为DCS1800系统）

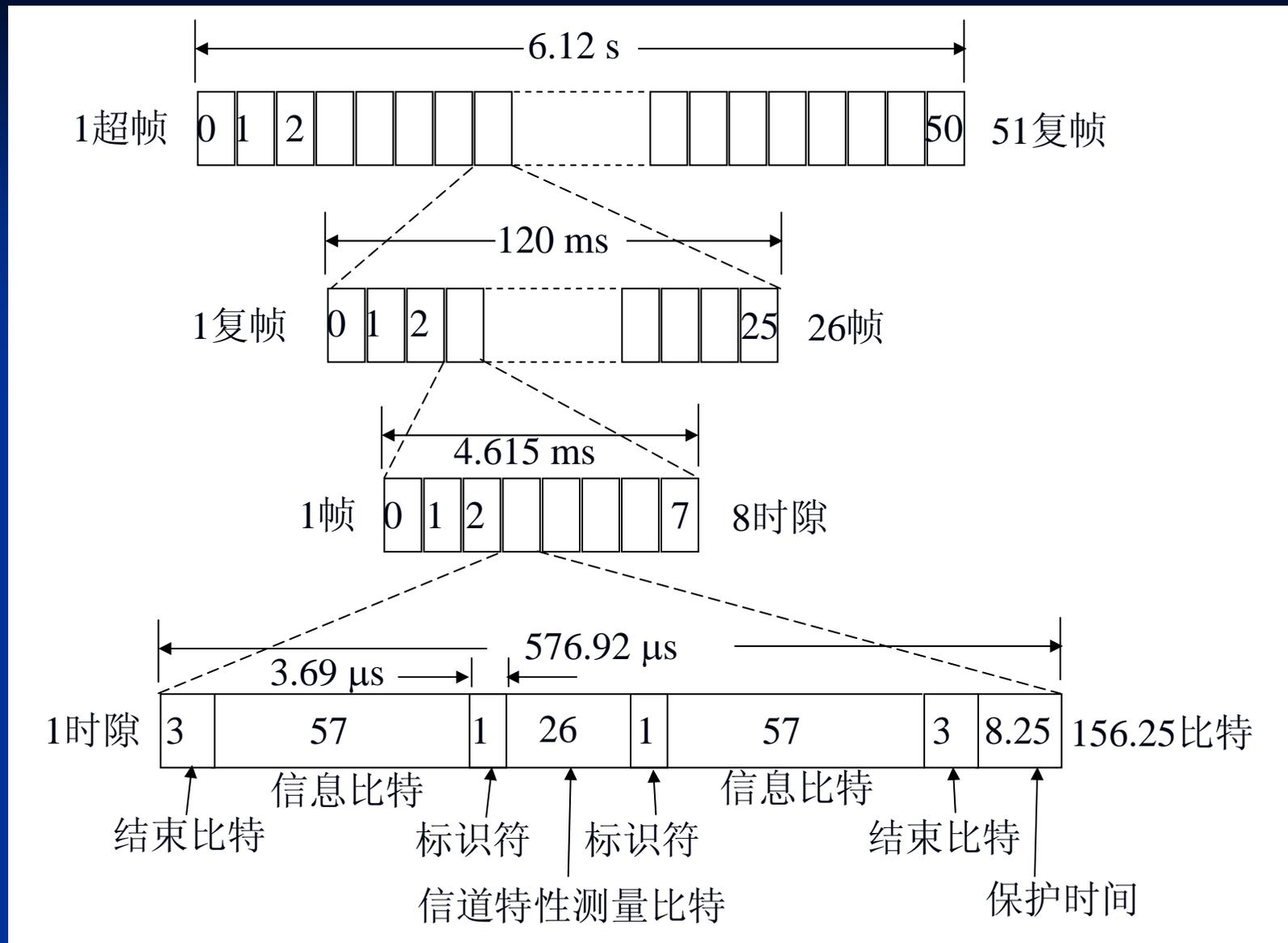
■ **采用TDMA/FDM的多址接入方式**

■ **频分双工工作(FDD)方式**

■ **GMSK调制($BT = 0.3$)**

■ **每个频分信道的比特率为270.833 kb/s，可容纳8个时分用户。**

■ GSM的帧结构



- 语音编码：规则脉冲激励长时预测（**RPE-LTP**）方案；速率**13 kb/s**。
- 抗干扰措施
 - 对最重要的比特用卷积码编码，码率等于**1/2**，约束长度为**5**；
 - 交织：以增强抗衰落能力；交织后速率为 **22.8 kb/s**；
 - 跳频：速率为**217跳/秒**。
- **GSM体制的改进（第2.5代）**
 - 通用分组无线业务（**GPRS**）
 - **HSCSD(High Speed Circuit Switched Data)**：可以将多个时隙同时给一个用户使用，以提高传输速率。
 - **EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)**：采用**8PSK**调制代替**GMSK**调制，并可将**8**个时隙合并给一个用户使用。
 - 增加多种数据接口，例如**USB**、**红外IrDA**、**蓝牙**等。

13.5.5 第三代蜂窝网

➤ 目标

- 全球化：能无缝隙地覆盖全球，并实现全球漫游。
- 个人化：大用户容量、高通信质量和极强保密性。
- 综合化：实现综合业务传输和多媒体通信。

➤ 传输速率要求

- 室内环境：不小于 2 Mb/s
- 低速运动：不小于384 kb/s
- 高速运动：不小于144 kb/s
- 卫星信道：不小于 9.6 kb/s
- 按需分配的可变速率
- 实现上、下行速率不对称传输

➤ 现有的3种方案：

- WCDMA：欧洲
- CDMA2000：美国
- TD-SCDMA：中国

13.5.6 卫星移动通信网

- 典型低轨道卫星移动通信网 — “铱”系统
- “铱”系统共用66颗低轨道（轨道高度780 km）卫星，分布在6个轨道平面上。

- 频段：

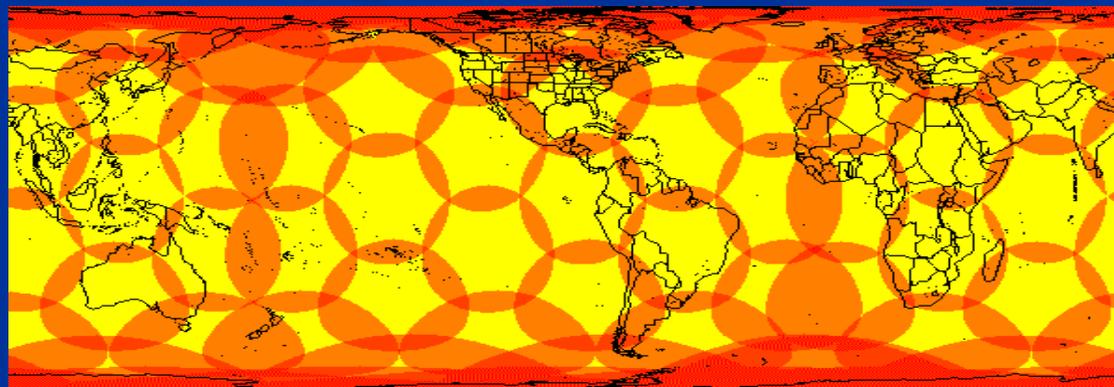
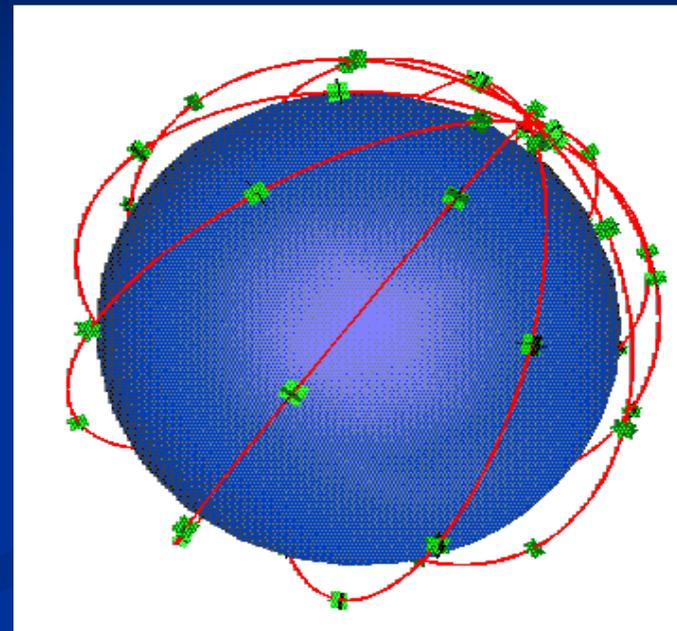
- 用户至卫星基站：
1.616 ~ 1.6265 GHz;

- 卫星基站间链路：
23.18 ~ 23.38 GHz。

- 调制： QPSK

- FDMA/TDMA

- 蜂窝结构



13.5 小结