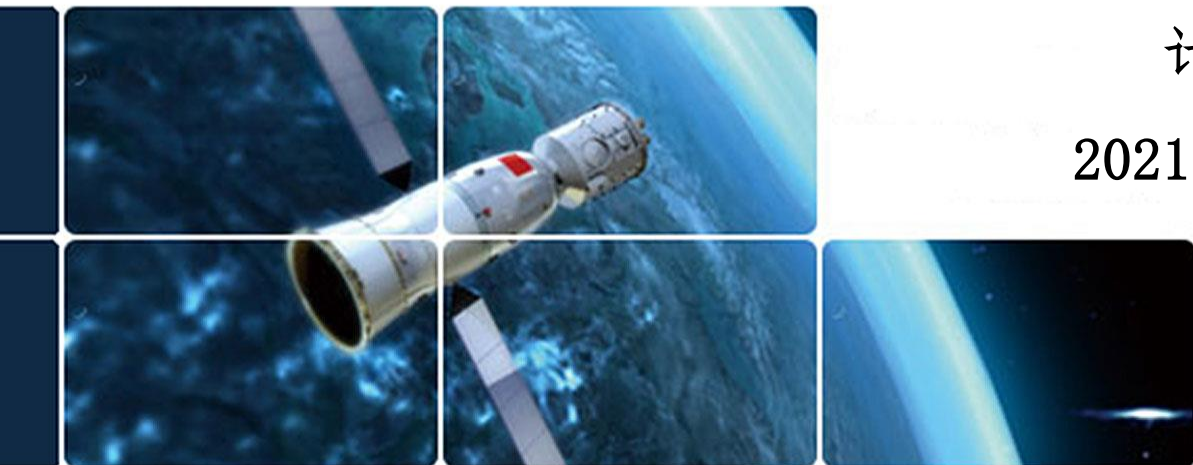


第3讲 移动通信技术

计算学部

2021年10月12日



- 移动通信的概念及特点
- 移动通信网络的基础技术
- 移动通信的发展历史
- 数字调制技术
- 多址接入技术
- 正交频分复用技术
- 多输入输出技术

- 任何时候、任何地点、与任何人都能及时沟通联系、交流信息
- 所谓移动通信，就是通信的一方或双方在移动中实现通信，也就是说，至少有通信的一方处于运动中，或暂时停留在某一个非预定的位置上
- 其中包括移动设备（汽车、火车、飞机、轮船等移动体上）与另一移动设备之间的通信、移动设备与固定设备（固定无线电台或有线用户）之间的通信，以及移动设备通过转接设备与另一移动设备或固定设备之间的通信

1、移动通信的传输信道必须使用无线电波

移动通信

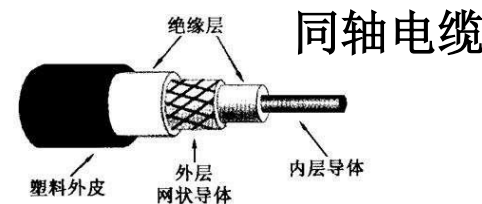


无线电波

固定通信



双绞线



同轴电缆



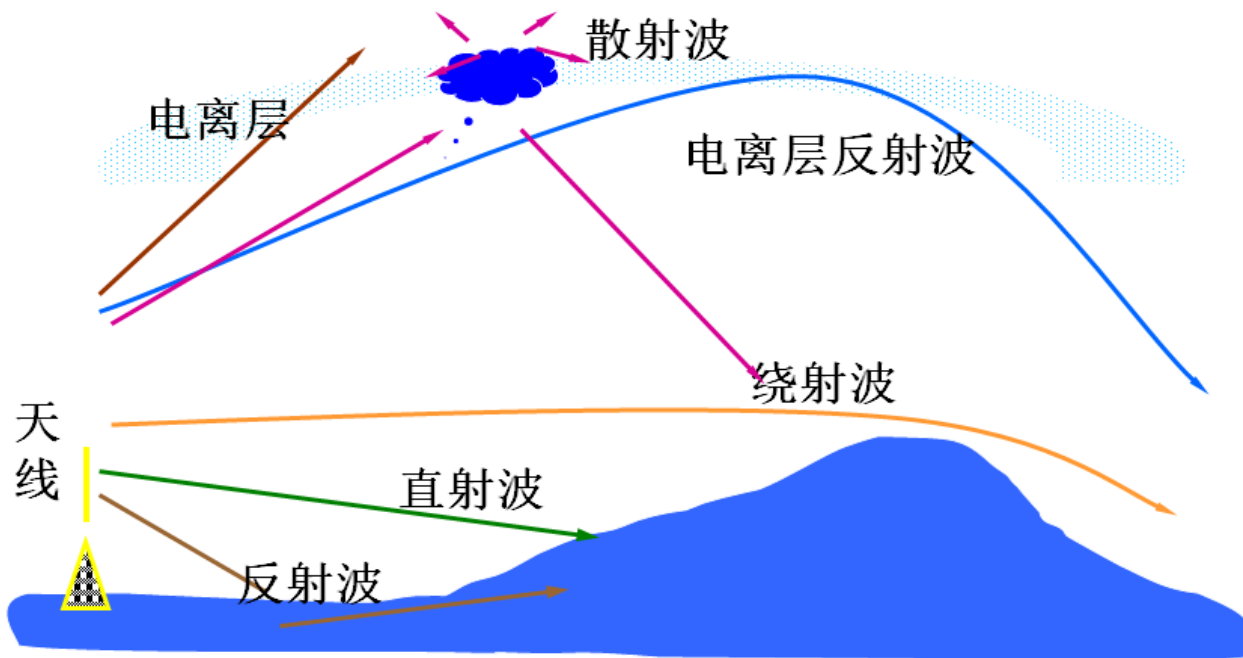
光纤



无线电波

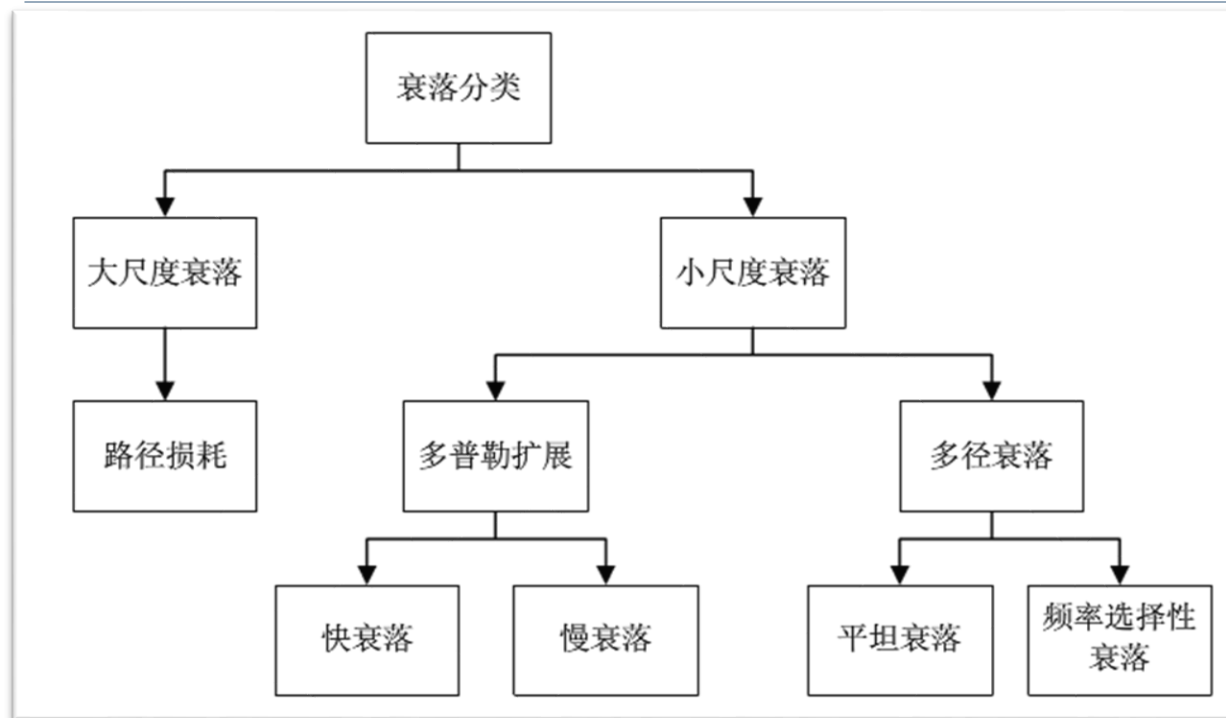
2、移动通信的**电波传输环境恶劣**

- 移动设备的 **位置移动** 导致 **无线电波幅度**、**相位**随时间地点而不断变化
- 无线电波随传输距离增加而发生**损耗**
- 受地形、建筑物的遮蔽而发生“**阴影效应**” (**电磁场阴影效应**)
- 信号经多点反射，会从多条路径 (**多径**) 到达接收地点，多径信号的幅度、相位和到达时间都不同，相互叠加会产生电平衰落或时延扩展，这种信号的幅度会发生快速或剧烈的变化 (**快衰落**)
- 移动设备处于高速运动中时，会加速信号衰落



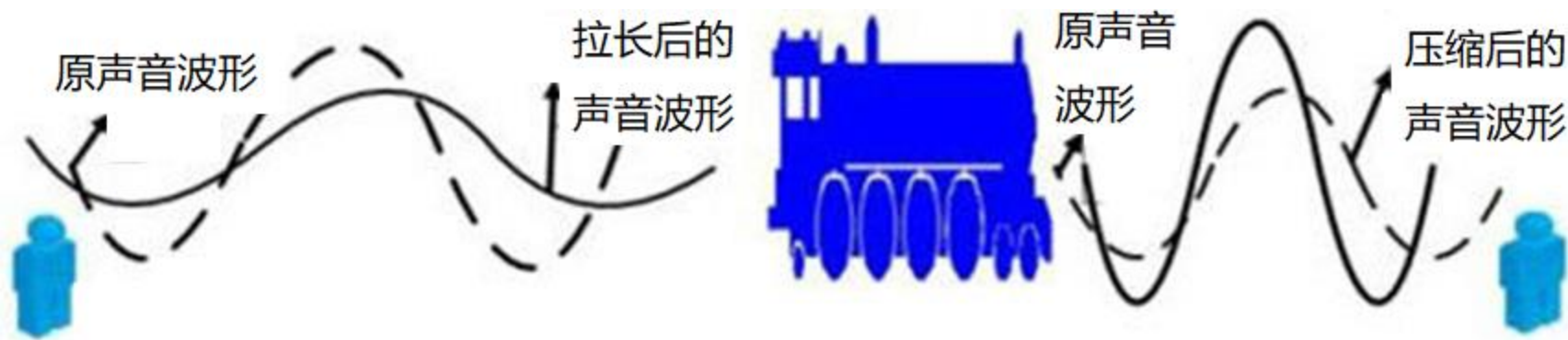
- ❑ **多径效应**：在时域上引起信号的扩展，会发生频率选择性衰落
- ❑ **多普勒效应**：相对运动引起波长变化，在频域上引起频谱扩展，会发生时间选择性衰落
- ❑ **散射效应**：引起角度扩展和空间选择性

	阻挡体
反射	比传输波长大的物体
绕射	尖利边缘
散射	粗糙表面



3、多普勒频移产生附加调制

- ❑ 运动状态的移动设备接收信号有附加频率变化（多普勒频移：当移动设备以恒定的速率沿某一方向移动时，由于传播路程差的原因，会造成相位和频率的变化，通常将这种变化称为多普勒频移）
- ❑ 多普勒频移与移动设备的移动速度有关，移动速度较高时该频移不可忽略
- ❑ 工作频率越高，频移越大
- ❑ 在高速移动的电话系统中，对话音信号产生的干扰失真，令人有不适的感觉



4、移动通信受干扰和噪声的影响，要求移动通信具备很强的抗干扰能力

- 移动设备工作环境受外部噪声和干扰问题很严重（如工业干扰和汽车发动机干扰等）
- 移动通信网是多频道、多电台同时工作的通信系统，由于电台多、频率拥挤，因此邻道干扰、互调干扰以及共道干扰问题也较为突出
- 还要受天电干扰等自然噪声的影响

5、用户量大，但频率有限，有效利用频谱是移动通信技术研究的重点

- 移动通信可以利用的频谱资源非常有限，而业务量较大
- 如何提高通信容量，是移动通信发展中的焦点
- 开辟和启用新的频段；研究各种新技术及新措施来压缩信号所占的频带宽度和提高频谱利用率
- 频率作为一种资源必须合理安排和分配

6、组网技术复杂

- 移动设备可以在移动服务区域内自由运动，要能够跟其它通信网络自由连通，因此网络结构多种多样，网络管理和控制必须有效
- 须支持单网运行，也可以和其它通信网络多网并行并实现互联互通，因此须具备很强的管理和控制功能，诸如用户的登记和定位、通信链路的建立和拆除、信道的分配和管理、通信的计费、鉴权、安全和保密管理以及用户过境切换和漫游的控制等。

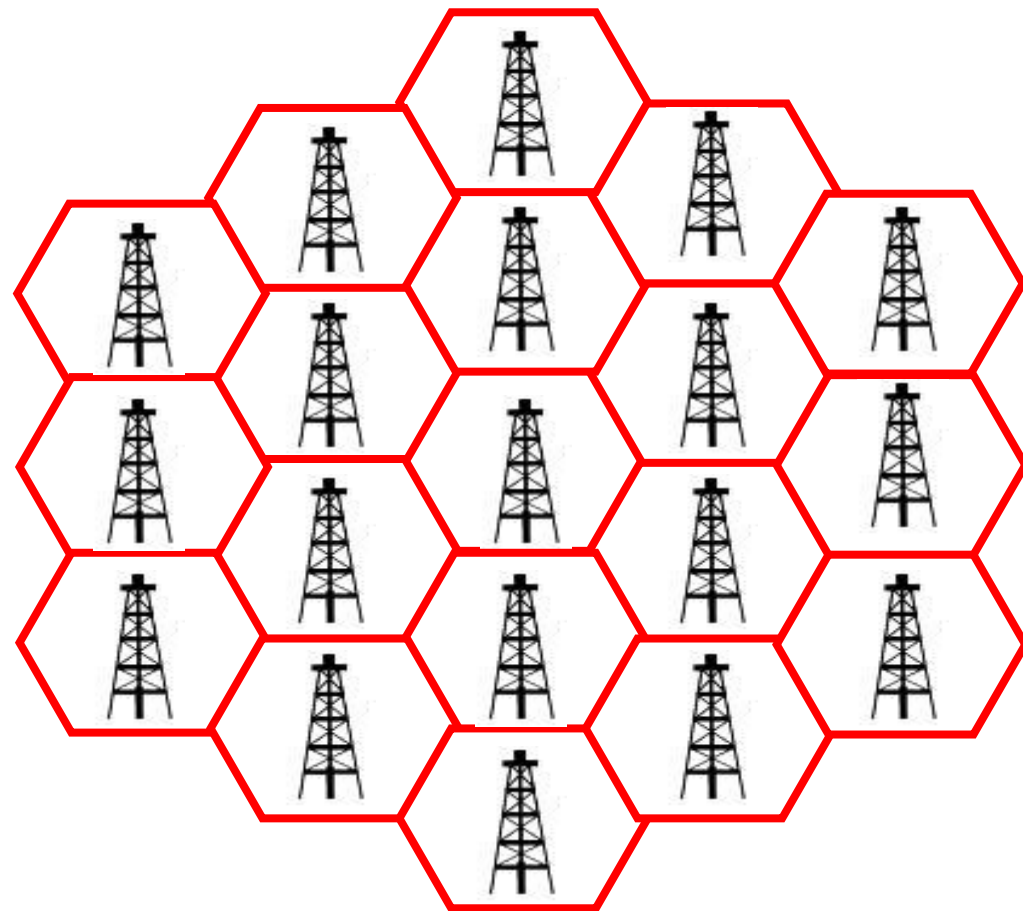
7、对设备要求苛刻

- 装载于移动体或随身携带，体积小、重量轻、操作简便、维修方便
- 要保证在震动、冲击、高低温等恶劣环境下能正常工作
- 省电

- 移动通信的概念及特点
- 移动通信网络的基础技术
- 移动通信的发展历史
- 数字调制技术
- 多址接入技术
- 正交频分复用
- 多输入输出

1、蜂窝系统

- 是移动通信的基础，利用信号功率随传播距离衰减的特点，在不同的空间上重复使用频率
- 把一个空间区域划分成若干个互不重叠的小区，每个小区被分配一个信道集
- 不同小区可以重复使用相同的信道集，实现频率复用，也称为信道复用



2、移动管理

- **切换管理**：连接由一个接入点转接到另一个接入点
- **位置管理**：当移动设备从一个网络进入另一个网络时，保持与本地位置寄存器之间的联系
- 有效且高效的呼叫**接入控制**、切换和位置管理，可以支持用户的漫游

切换管理

将正在通话状态的移动设备转移到新的业务信道上（**新的小区**）的过程称为“**切换**”。

位置管理

包括**位置登记**和**位置传递**。
位置登记是通信网为了跟踪移动设备的位置变化，而对其位置进行登记、删除和更新的过程。
位置传递指在有呼叫给移动设备时，根据原籍（家乡）位置寄存器和访问位置寄存器中的位置信息来确定移动设备

3、移动IP

- 可以使移动设备从一个网络连接点移至另一点时，维持网络连接，包含发现(discovery)、注册(registration)和隧道(tunneling)三个基本功能
- 移动IP让移动设备在互联网及局域网中不受任何限制即时漫游，也称移动计算机技术

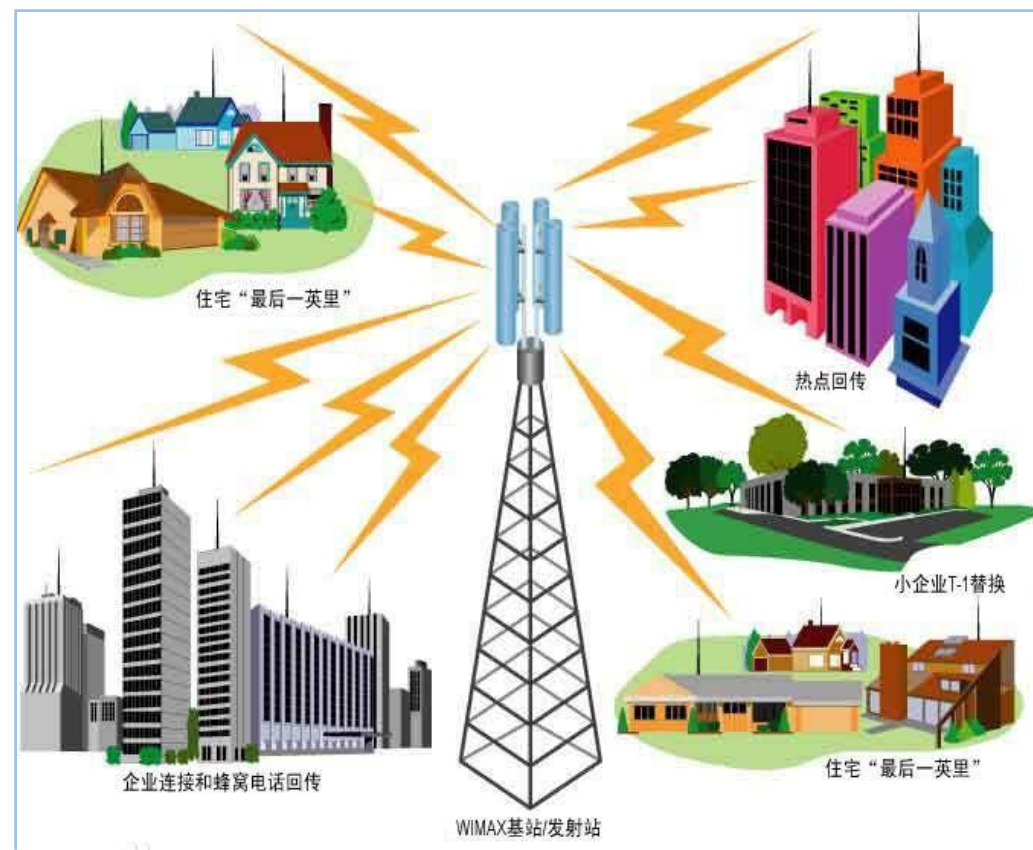


4、Wi-Fi:802.11



5、**WiMAX**(全球互通微波接入)

- 是以802.16系列标准为基础的宽带无线城域网接入技术，该技术在提供高速的数据、语音和视频等业务的同时，还兼具移动、宽带和IP化的特点
- **WiMAX**是一种城域网(MAN)技术。运营商部署一个信号塔，就能得到超数英里的覆盖区域。覆盖区域内任何地方的用户都可以立即启用互联网连接



6、自组织网络

- 无须借助事先建立的基础设施即可自行构建一个网络的无线移动节点的集合
- 通过分布式控制算法处理必要的控制和网络功能
- 比有基础设施的无线网络更加复杂
- 路由的动态重新配置和建立是最重要的特征

7、无线网络安全

- 开放性、移动性和不稳定性使得无线网络安全成为网络设计至关重要的问题

8、无线个人局域网络

- ❑ 蓝牙：无线电收发芯片支持设备进行短距离通信
- ❑ RFID：电子标签技术，无线自动识别技术，利用射频信号和空间耦合的传输特性，实现对物体的自动识别

9、传感网络：由大量的空间分布的传感器组成

10、物联网：一个基于互联网、传统电信网等信息承载体，让所有能够独立寻址的普通物理对象实现互联互通的网络，具有普通对象设备化、自治终端互联化和普适服务智能化等特点

11、软件定义网络：将网络控制与数据转发分离，网络控制部分可编程

- 移动通信的概念及特点
- 移动通信网络的基础技术
- 移动通信的发展历史
- 数字调制技术
- 多址接入技术
- 正交频分复用
- 多输入输出



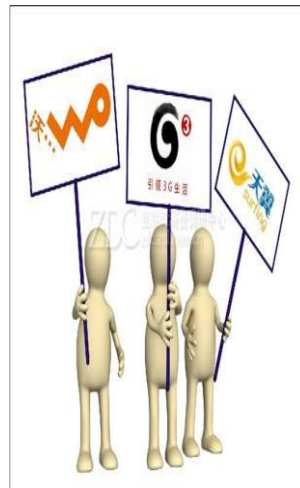
第一代移动通信系统（1G）

第1代移动通信系统（1G）是模拟式通信系统，无线传输采用模拟式的FM调制，将介于300Hz到3400Hz的语音转换到高频的载波频率上。



第二代移动通信系统（2G）

从1G跨入2G的分水岭是从模拟调制进入到数字调制，第二代移动通信系统的容量增加，同时能够提高多种业务服务。GSM网速仅有9.6KB/s。



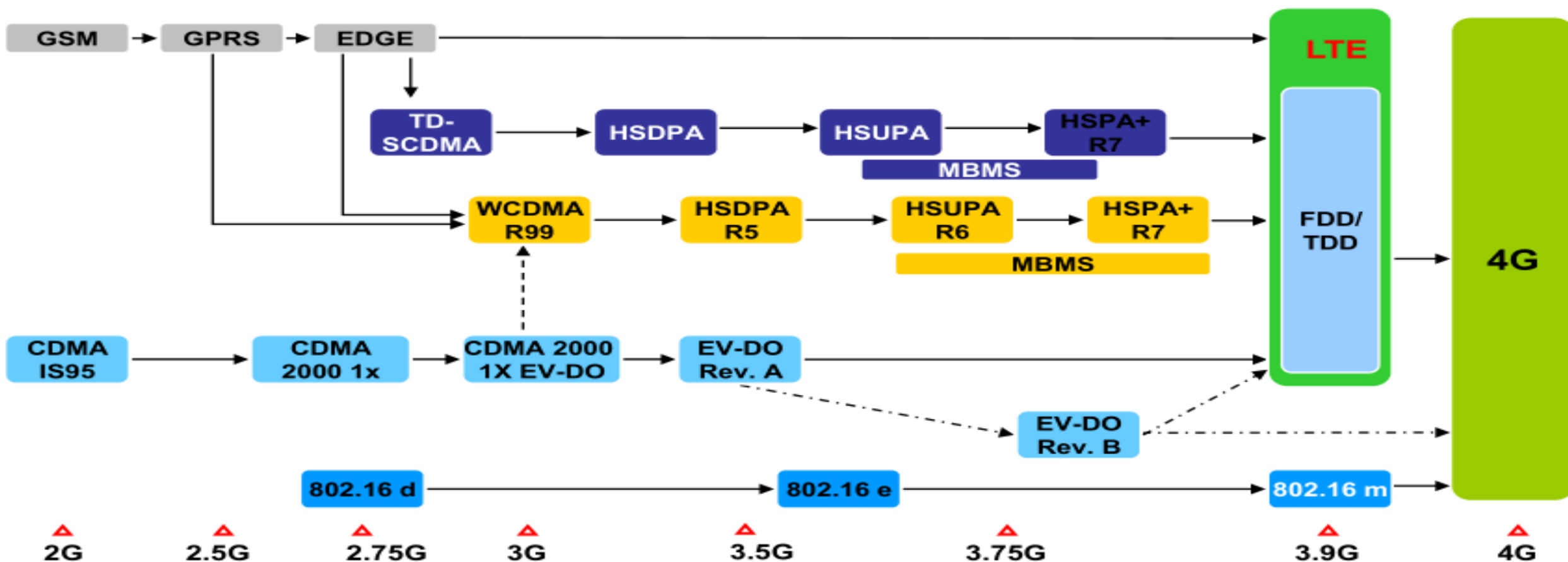
第三代移动通信系统（3G）

国际电信联盟（ITU）发布了官方第3代移动通信（3G）标准IMT-2000。3G存在四种标准式，分别是CDMA2000，WCDMA，TD-SCDMA，WiMAX。

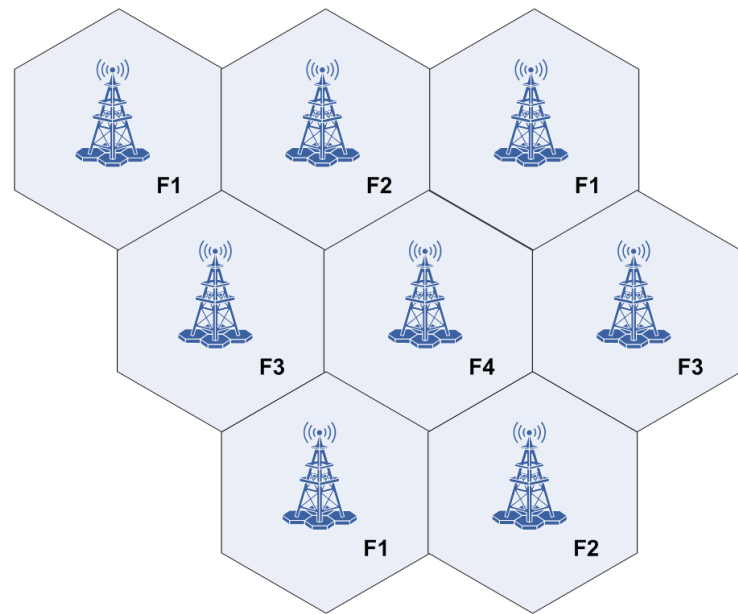


第四代移动通信系统（4G）

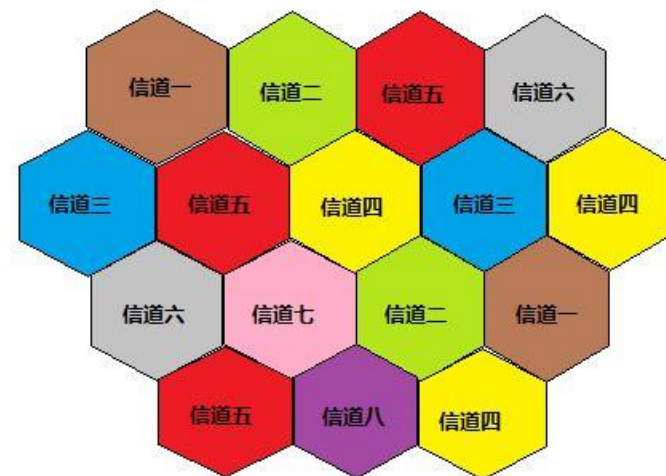
4G包括TD-LTE和FDD-LTE两种制式，是集3G与WLAN于一体，能够快速传输数据、高质量、音频、视频和图像。能以100Mbps以上速度下载，并能满足几乎所有用户对于无线服务的要求。



- 1946美国使用150MHZ无线电话开始到上世纪90年代
 - 调制前信号是模拟的，也称为模拟移动通信系统，主要特征为**模拟技术**
 - 分为**蜂窝、无绳、寻呼和集群**等多类系统，每类系统有互不兼容的技术体制



- 在蜂窝移动通信系统中，信号覆盖区域分为若干小区，小区可以是六边形、正方形、圆形或其它形状，通常是六角蜂窝状。每个分区被分配多个频率 (f_1-f_6)，具有相应的基站。在其它分区中，可使用重复频率，但相邻分区不能使用相同频率，会引起同信道干扰





□特点:

- 制式: FDMA (频分多址)

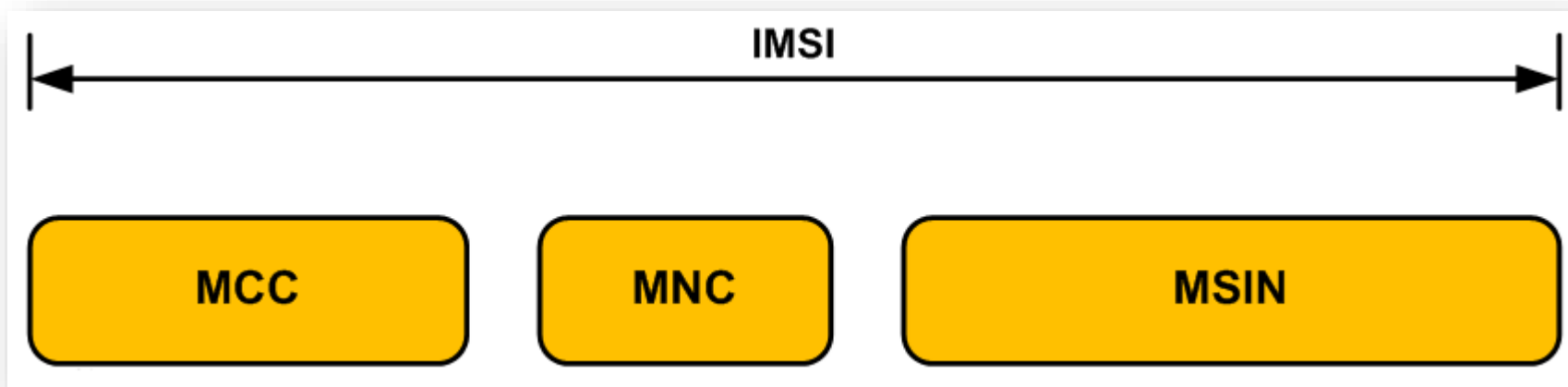
- 业务单一: 模拟语音与传输

- 频谱利用率低、保密性差、技术简单

- 主要代表: 美国AMPS(高级移动电话系统)系统
英国TACS(全接入通信系统)系统

- 我国已在2001年12月31日关闭模拟移动网

- 2G时代的主要特点是采用了数字技术，数字信号处理技术是其最基本的技术特征，提供了更高的频谱效率 and 更先进的漫游技术。
- 2G对移动通信发展的重大贡献是使用SIM卡、轻小手机和大量用户的网络支撑能力，使用SIM卡作为移动通信用户个人身份和通信记录载体，为移动通信管理、运营和服务带来了极大的便利。



MCC: 移动国别代码
中国: 460

MNC: 移动网络代码
中国移动: 00
中国联通: 01
中国电信: 02

MSIN: 移动用户识别码

□特点:

- 主要业务: 语音、低速率数据 ($< 9.6\text{kb/s}$)
短消息(SMS)、彩信 (MMS) 等
- 频谱利用率较高、数字化
- 制式: TDMA (时分多址) 或CDMA (码分多址)



□代表系统:

- 欧洲的GSM系统 (大多数国家使用): TDMA制式
- 美国的D-AMPS系统 (主要在美国使用)
- 日本的JDC系统 (仅在日本使用): TDMA制式
- 美国QUALCOMM公司开发的IS-95A N-CDMA系统 (美、日、韩、中
等国): CDMA制式

□我国1992年开始使用GSM系统, 2001年引进了IS-95A CDMA系统。

- 是2G向3G发展的过渡性产品

- 90年代中期，第三代移动通信系统进入设计、规划和实施阶段

- 为保护2G的庞大投资，发展了2G向3G平稳过渡的所谓二代半(2.5G)技术

- 2.5G数据速率最高可达171kbit/s

- 例：以TDMA和电路交换为基础的GSM网络不能直接与因特网互通，但可以通过一种通用分组无线业务（**GPRS**，General Packet Radio Service）网的2.5G技术与因特网互连。

- 主要产品有GPRS和CDMA2000 1X

- 第三代（3G）以**全球通用、系统综合**作为基本出发点，以期望建立一个全球范围的**移动通信综合业务数字网**，提供与固定电话网业务兼容、质量相当的多种话音和非话音业务
- 3G最基本的特征是**智能信号处理技术**，实现**基于话音业务为主的多媒体数据通信、更高的频谱效率、更高的服务质量及低成本**。实现全球无线覆盖，真正实现“任何人、任何地点、任何时间与任何人”都能便利的通信。

□国际电联公开的3G标准有三个

- 欧洲和日本共同提出的：**WCDMA**，该标准提出了GSM(2G)-GPRS-EDGE-WCDMA(3G)的演进策略
- 美国以高通公司为代表提出的：**CDMA2000**，该标准提出了从 CDMA IS95(2G)-CDMA20001x-CDMA20003x(3G)的演进策略
- 中国以大唐集团为代表提出的：**TD-SCDMA**，全称为Time Division —— Synchronous CDMA(**时分同步CDMA**)，该标准提出不经过2.5代的中间环节，直接向3G过渡，非常适用于GSM系统向3G升级

□3G标准在核心网中都采用**分组交换方式**

□采用**CDMA**技术解决无线端口问题

□因此，这三种标准无一例外的都采用了**CDMA**这一核心技术

1

4G定义

4G是相对于3G的下一代通信网络，实际上，4G在开始阶段也是由众多自主技术提供商和电信运营商合力推出的，技术和效果也参差不齐。后来，ITU（国际电信联盟）重新定义了4G的标准——符合100Mbps/s传输数据的速度。达到这个标准的通信技术，理论上都可以称之为4G。

2

4G的关键技术

1.信道传输；2.抗干扰性强的接入技术、调制和信息传输技术；3.高性能、小型化和低成本的自适应阵列智能天线；4.大容量、低成本的无线接口和光接口；5.系统管理资源；6.软件无线电SDR、网络结构协议等

- 第四代（4G）移动通信是第三代（3G）移动通信的延伸
- 从技术标准看
 - 静态传输率达到1Gb/s，高速移动状态下可达到100Mb/s，可作为4G技术
- 从运营商角度看
 - 与现有网络兼容
 - 有更高的数据吞吐量、更低时延、更低的建设和运行维护成本、更高的鉴权能力和安全能力、支持多种QOS等级

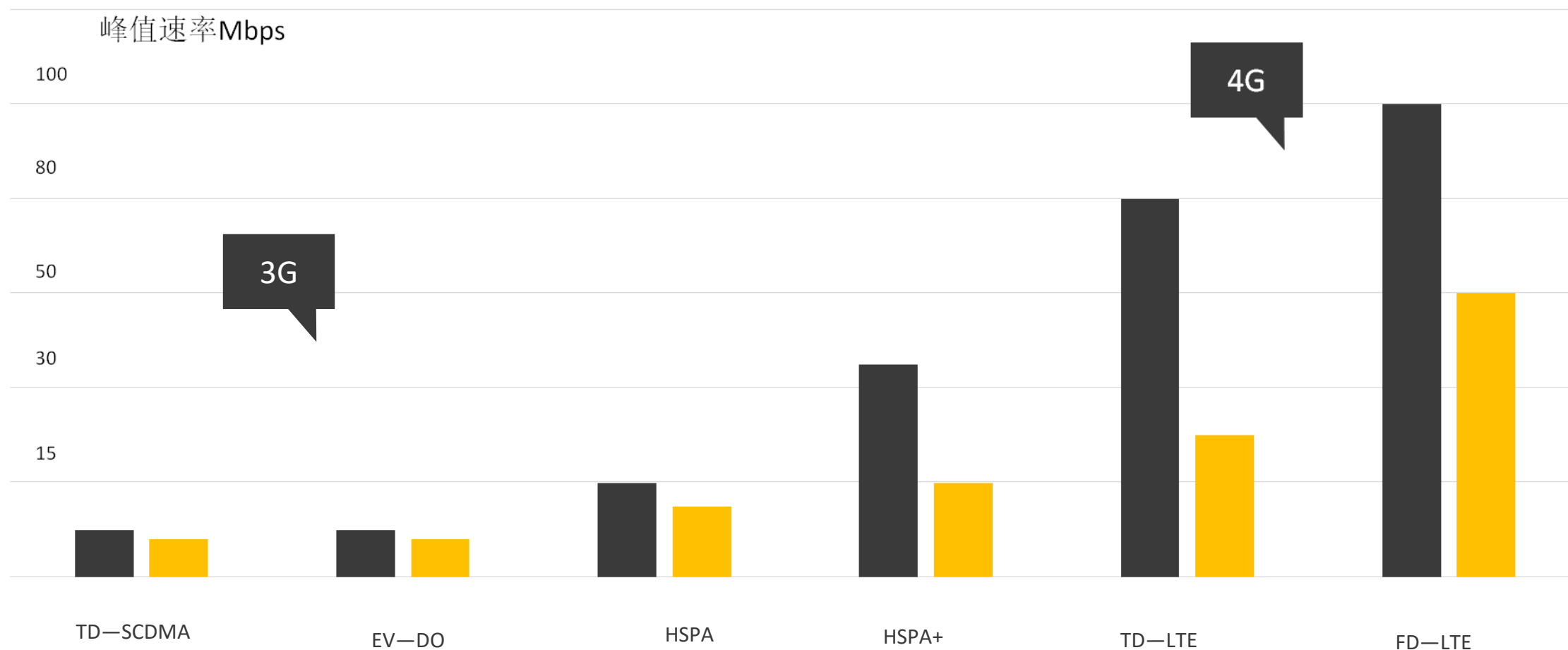
□ 从融合角度看

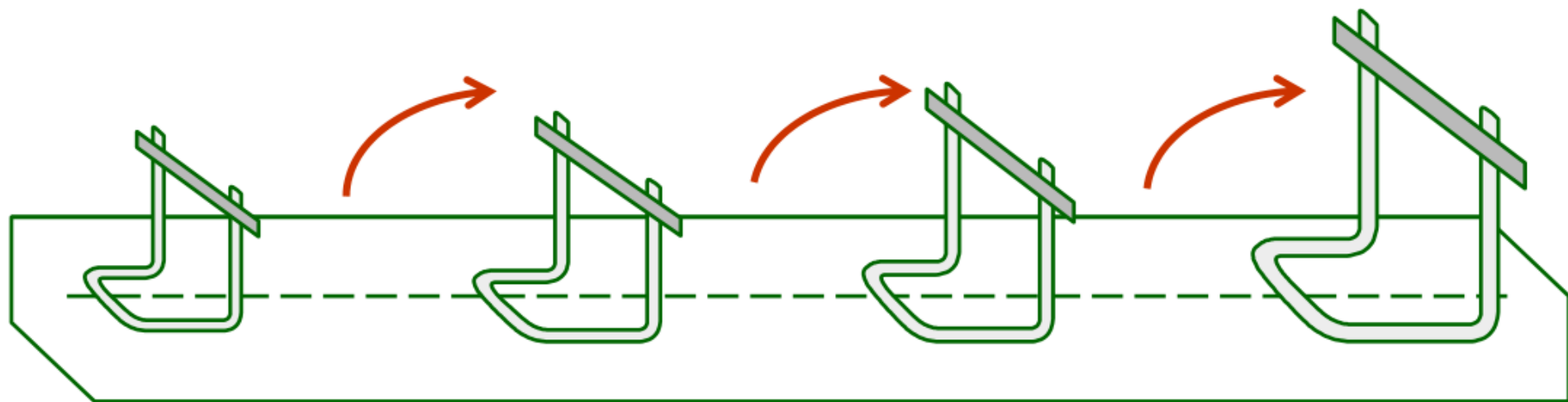
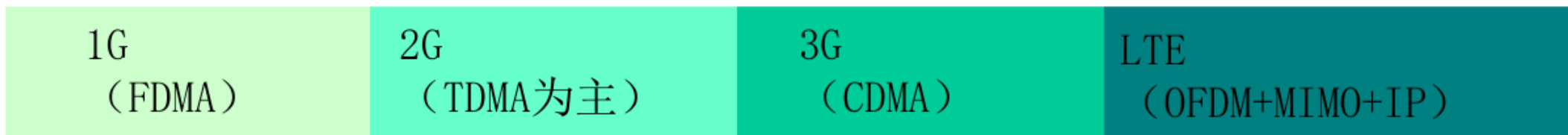
- 4G意味着**更多参与方式**，更多技术、行业、应用的融合，不再局限于电信行业，还可应用于金融、医疗、教育、交通等行业
- **通信终端能做更多的事情**，如除语音之外的多媒体通信、远端控制等
- 或许局域网、互联网、电信网、广播网、卫星网能融为一体组成一个通播网，无论用什么终端，均可享受高品质的信息服务，向**宽带无线化**和**无线宽带化**演进，使4G渗透到生活的方方面面

□ 从用户需求角度看

- 4G能为用户提供更快的速度并满足用户更多的需求

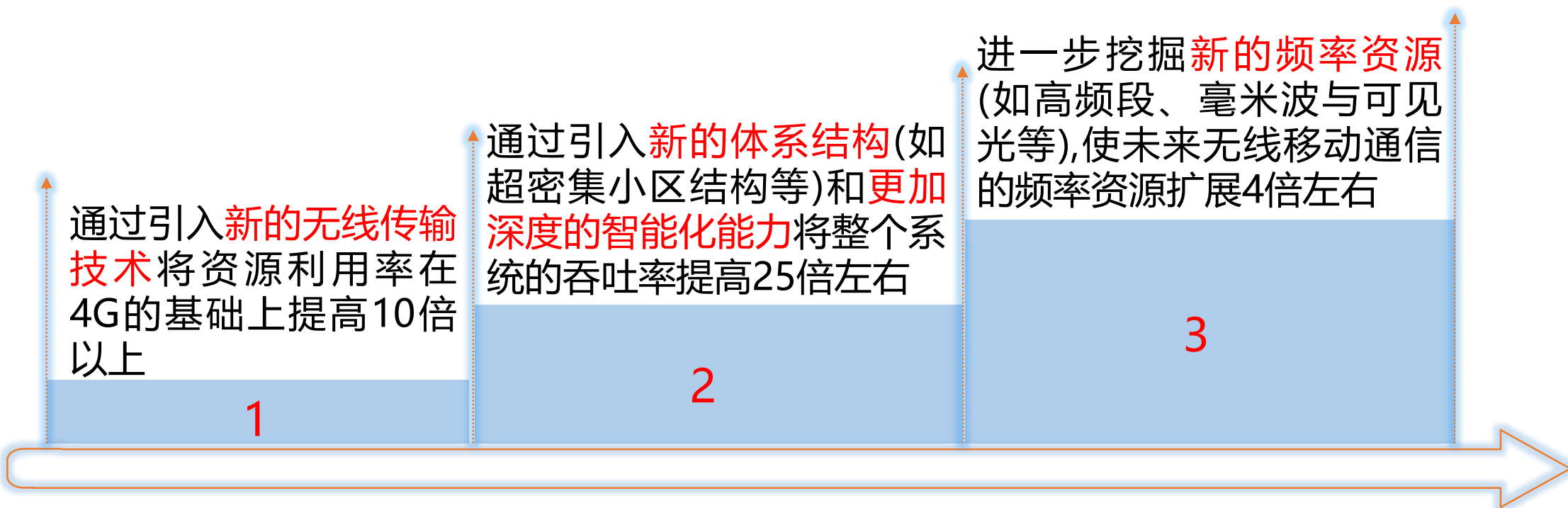
□在20MHz频谱带宽能够提供下行100Mbps、上行50Mbps的峰值速率



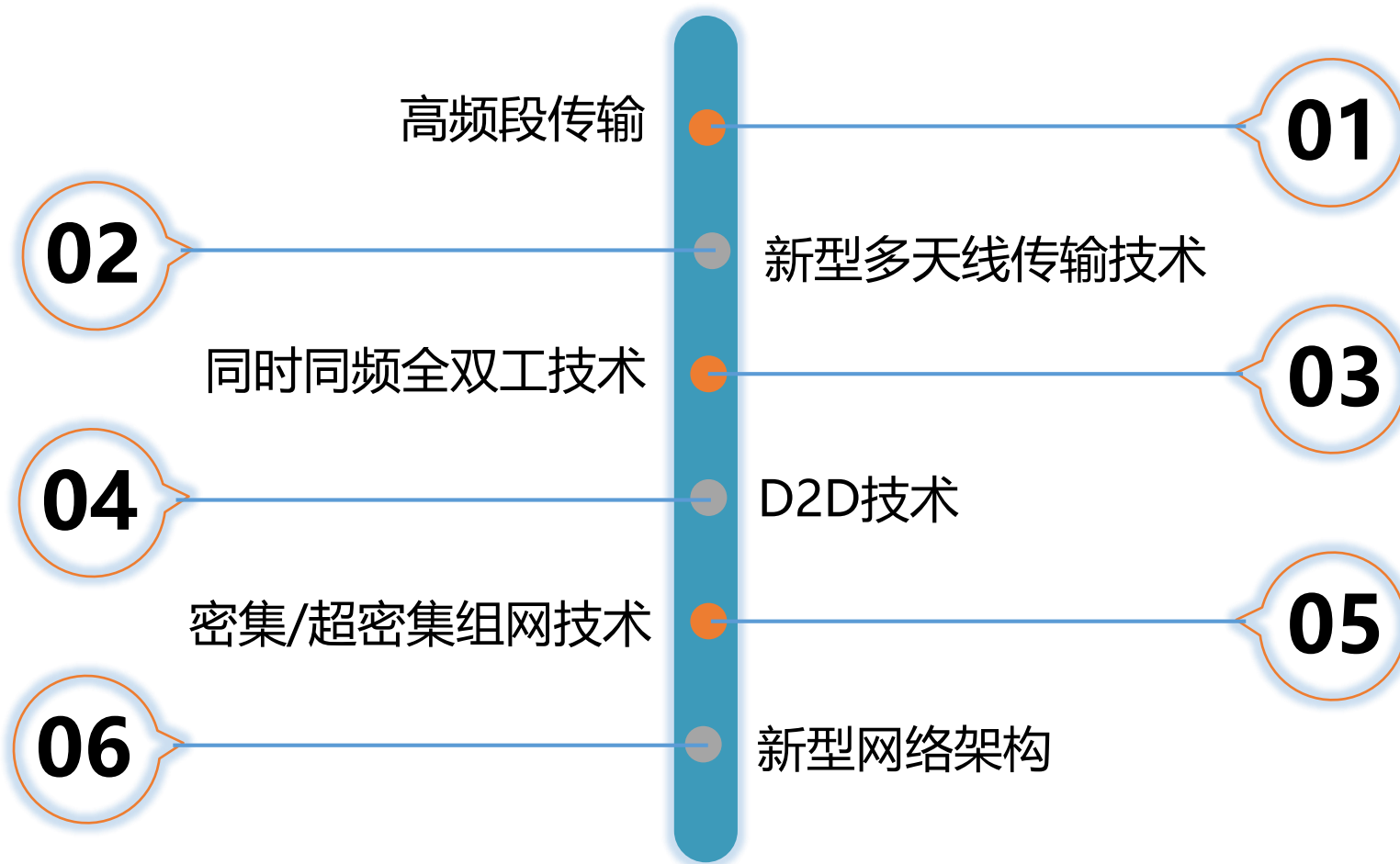


LTE的主要增强型技术：OFDM、MIMO

对5G的要求



5G关键技术



5G的特点

体验提升

推进技术变革的同时**更加注重用户体验**，网络平均吞吐速率、传输时延以及对虚拟现实、3D、交互式游戏等新兴移动业务的支撑能力等将成为衡量系统性能的关键指标

理念不同

与传统移动通信系统理念不同，不仅仅把点到点的物理层传输与信道编译码等技术作为核心目标，而是从更为广泛的**多点、多用户、多天线、多小区协作组网作为突破的重点**，力求在体系构架上寻求系统性能的大幅度提高

室内通讯

室内移动通信业务已占据应用主导地位，**5G室内无线覆盖性能及业务支撑能力将作为系统优先设计目标**，从而改变传统移动通信系统“以大范围覆盖为主、兼顾室内”的设计理念

高频段使用

高频段频谱资源将更多地应用于5G移动通信系统，但由于受到高频段无线电波穿透能力的限制，无线与有线的融合、光载无线组网等技术将被更为普遍地应用

5G的应用

视频会话



视频播放



移动在线游戏



VR/AR



智能家居控制



实时视频分享



云桌面



车联网



云储存



高清图片上传



OTT消息



视频监控



5G有挑战的六大场景

超高流量密度

办公室



超高移动性

高速公路



超高连接数密度

体育场



密集住宅区



高铁

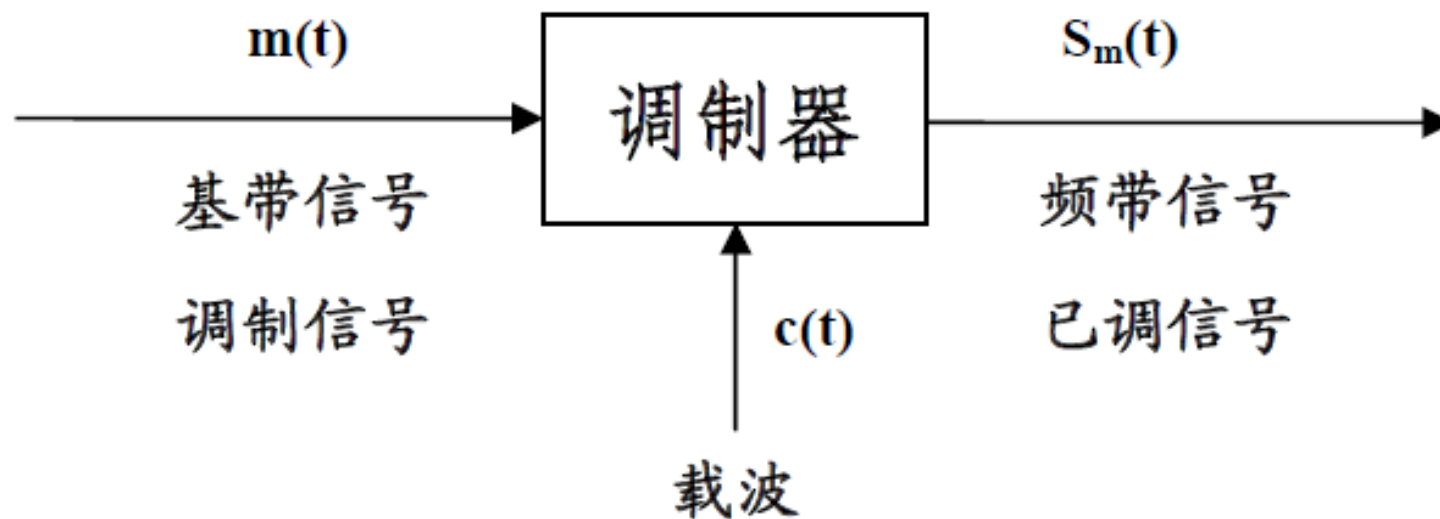


地铁



- 移动通信的概念及特点
- 移动通信网络的基础技术
- 移动通信的发展历史
- 数字调制技术
- 多址接入技术
- 正交频分复用
- 多输入输出

□ 将待传送的基带信号加到高频载波上进行传输的过程，即按照调制信号（基带信号）的变化规律去改变载波的某些参数的过程。



提高传输性能

低频信号如语音，直接传输损耗较大，不适宜长距离传输，通过调制能有效的解决传输问题

容易辐射

无线通信通常要求天线尺寸和发射信号波长在同一数量级（比如天线的长度为 $1/4$ 波长）。直接通过天线发射不现实

调制的作用

实现多路复用

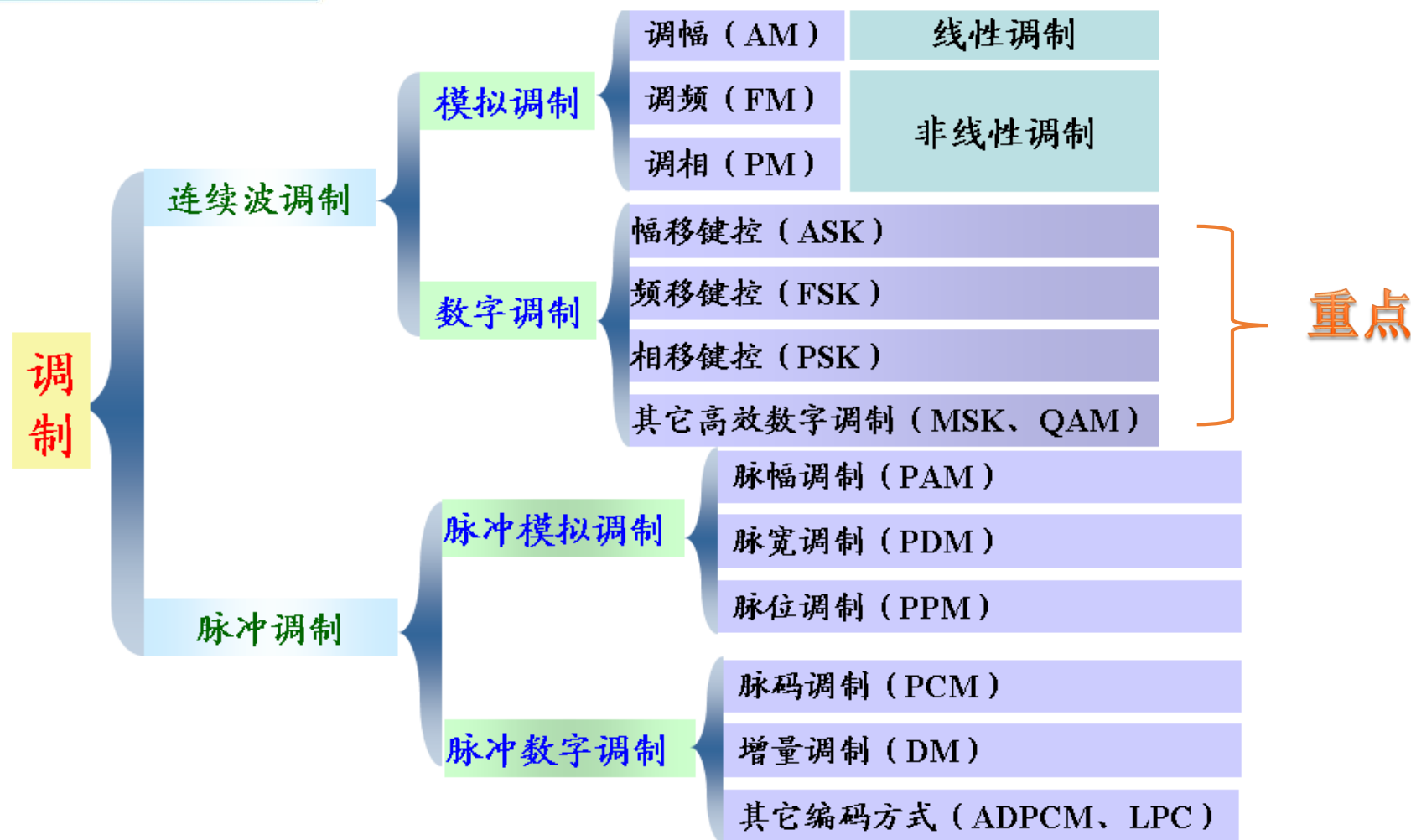
调制技术反映到频域上就是频带搬移，通过调制将基带信号搬移到合适位置，那么在一个较宽的信道中就可以同时传输多路信号，习惯上称为FDM

提高系统性能

例如抗干扰能力，不同的调制方式具有不同的抗噪声能力，FM对信噪比的改善较大，扩频也可提升抗躁和保密性能

调制是基带信号加到载波上的过程：

1. 基带信号 $m(t)$ 可以是模拟信号也可以是数字信号
2. 载波 $c(t)$ 可以是连续波（通常称为正弦波），也可以是脉冲波形
3. 当载波 $c(t)$ 为正弦波时， $m(t)$ 可以改变其幅度、频率或相位中的某一个或两个参数，组合起来形成多种调制方式



□ 现代移动通信采用数字调制技术，并采用数字技术进行加密和差错控制，便于集成



- **波特率**：调制速率，即单位时间内载波参数变化的次数。它是对信号传输速率的一种度量，通常以“波特每秒”（Bps）为单位。
- **比特率**：在数字信道中，比特率是数字信号的传输速率，它用单位时间内传输的二进制代码的有效位(bit)数来表示，其单位为每秒比特数bit/s(bps)表示
- **波特率**有时候会同**比特率**混淆，实际上**比特率**是对信息传输速率（**传信率**）的度量。而**波特率**可以被理解为**单位时间内传输码元符号的个数**（**传符号率**），通过不同的调制方法可以在一个码元上负载多个比特信息
- **波特率与比特率的关系**为：比特率=波特率X单个调制状态对应的二进制位数。
 - 两相调制(单个调制状态对应1个二进制位)的比特率等于波特率
 - 四相调制(单个调制状态对应2个二进制位)的比特率为波特率的两倍
 - 八相调制(单个调制状态对应3个二进制位)的比特率为波特率的三倍
 -

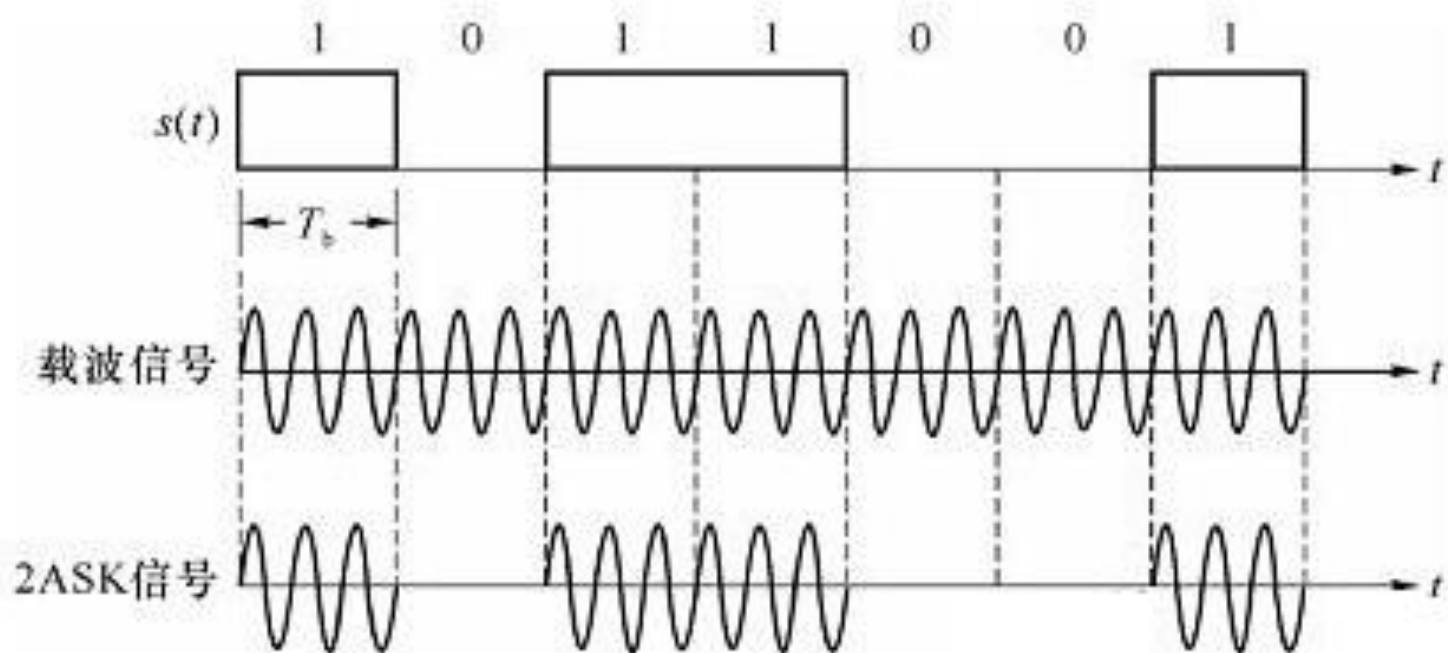


- 调制信号为二进制数字信号时的调制方式统称为二进制数字调制
- 在二进制数字调制中，载波的某个参数（例如幅度、频率或相位）只有两种变化状态
- 二进制调制分为
 - 幅移键控 (2ASK)
 - 频移键控 (2FSK)
 - 相移键控 (2PSK和2DPSK)

- **ASK** 高频载波幅度受调制信号的控制，利用载波的幅度变化传递数字信息，频率和初始相位保持不变
- **ASK**属于线性调制方法
- 载波在数字信号1或0的控制下通或断
 - 信号为1的状态载波接通，传输信道上**有载波出现**
 - 信号为0的状态载波关断，传输信道上**无载波传送**
 - 接收端根据载波的有无还原出数字信号1和0

□ 已调信号的带宽（频带宽度）是基带脉冲波形带宽的2倍

$$B_{2ASK} = 2f_s = 2R_B$$



某2ASK调制系统的传码率为**2000Baud**，所用载波频率为**4000HZ**，试求：

- (1) 该调制系统中每个码元中包含多少个载波周期？
- (2) 该调制系统信号的频带宽度是多少？

解： (1) 传码率 $R_B=2000\text{Baud}$ ，基带宽度 $f_s=2000\text{Hz}$ 基带周期 $T_1=0.5\text{ms}$

载波频率 $f=4000\text{Hz}$ 载波周期 $T_2=0.25\text{ms}$

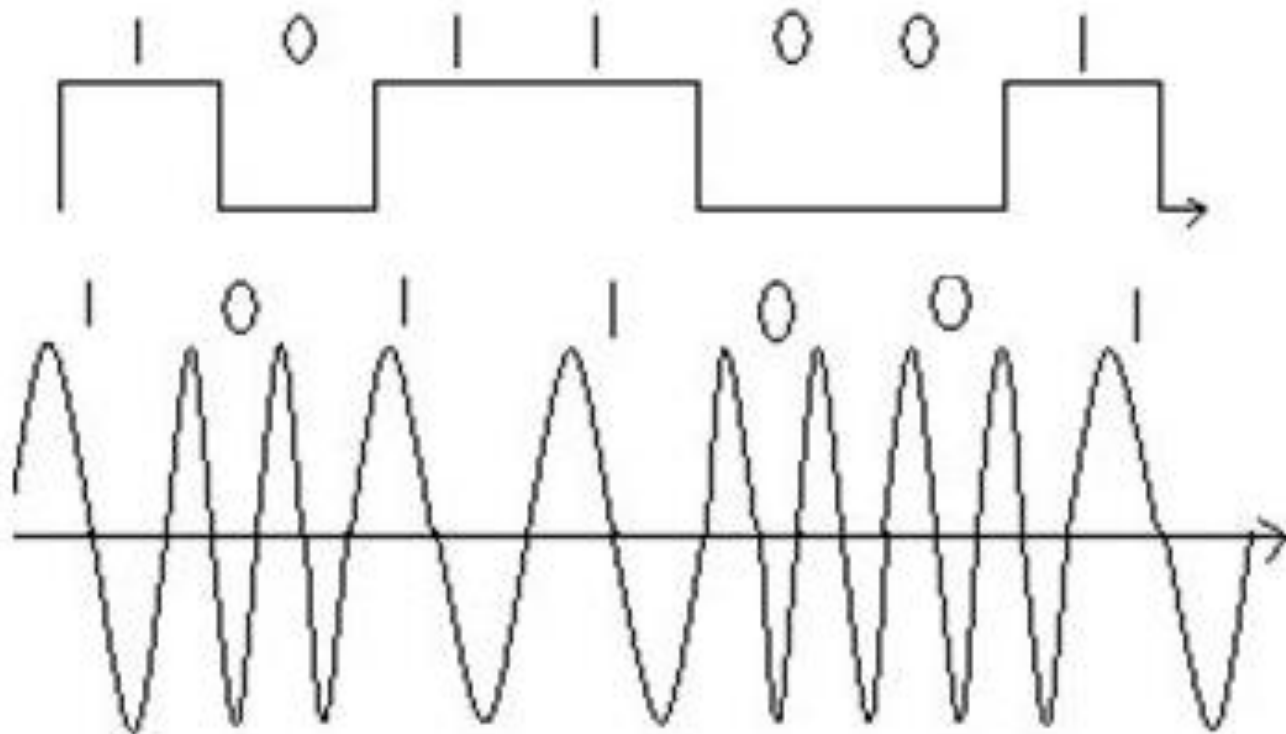
$T_2/T_1=2$ ，这说明在一个码元周期中存在2个载波周期

(2) $B_{2ASK} = 2f_s = 4000\text{Hz}$

答案：2,4000

- 利用两个不同频率 f_1 和 f_2 的振荡来代表信号1和0，用数字信号1和0控制两个独立的振荡源交替输出
- 载波的频率随二进制基带信号在 f_1 和 f_2 两个频点间变化
- 对二进制的频移键控调制方式，其有效带宽为 $B=2x_F+2F_b$ ， x_F 是二进制基带信号的带宽，也是FSK信号的最大频偏，由于数字信号的带宽即 F_b 值较大，所以二进制频移键控的信号带宽B较大，频带利用率小
- 频移键控 (FSK) 属于非线性调制方法

- 2FSK采用不同频率发送0和1



- 2FSK的信号带宽为: $|f_1 - f_2| + 2f_s$

某2FSK调制系统的传码率为**2000Baud**，发“1”和“0”所用载波频率分别为**4000HZ**和**2000HZ**，试求该调制系统信号的频带宽度是多少？

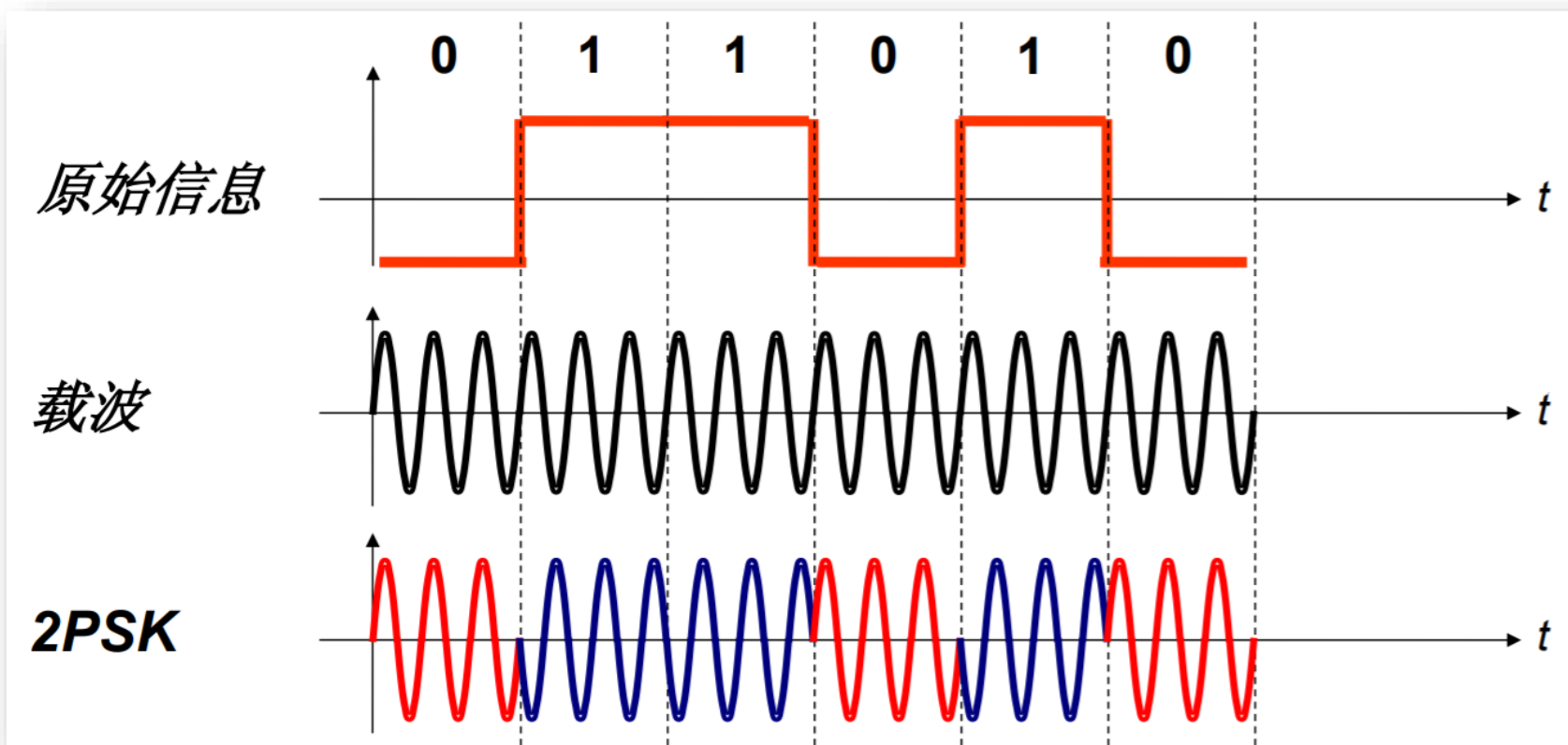
解： $R_B = 2000\text{Baud}$ $f_s = 2000\text{Hz}$

$$f_1 = 4000\text{Hz} \quad f_2 = 2000\text{Hz}$$

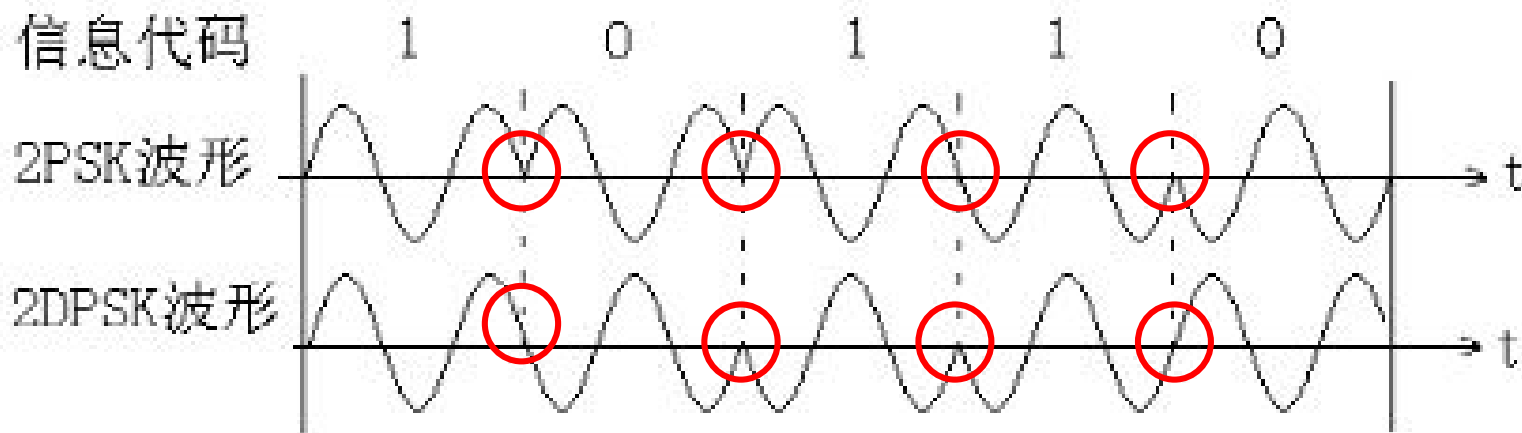
$$B_{2FSK} = 2f_s + |f_1 - f_2| = 2 * 2000\text{Hz} + |4000\text{Hz} - 2000\text{Hz}| = 6000\text{Hz}$$

答案：6000Hz

- ❑ 载波相位受数字基带信号的控制，如在二进制基带信号中为0时，载波相位为0(或 π)，为1时载波相位为 π (或0)，从而达到调制的目的
- ❑ 2PSK信号带宽是绝对脉冲序列的2倍



- ❑ 2PSK信号中相位以未调载波的相位作为参考基准，利用载波相位的绝对数值表示数字信息，所以称为绝对相移
- ❑ 2PSK在进行相位解调时，由于载波恢复中相位有 0 、 π 模糊性，导致解调过程中出现“反向工作”现象，恢复出的数字信号1和0倒置，2PSK难以实际应用，为此提出二进制差分数字相移键控 (2DPSK) 方式



❑ 遇变则转，不变不转

❑ 变0不转变1转,或变1不转变0转

- ❑ 误码率取决于调制器输入信噪比 r ，在抗噪声方面，2PSK性能最好，2FSK次之，2ASK最差
- ❑ ASK是应用最早的调制方式，优点是设备简单、频带利用率较高，缺点是抗噪声性能差，并且对信道特性变化敏感
- ❑ FSK是数字通信中不可或缺的一种调制方式，优点是抗干扰能力较强，不受信道参数变化的影响，因此FSK特别适合应用于衰落信道；缺点是占用频带较宽，尤其是MFSK，频带利用率较低。目前，调频制主要应用于中、低速数据传输中
- ❑ PSK和DPSK是一种高传输效率的调制方式，其抗噪声能力比ASK和FSK都强，且不易受信道特性变化的影响，在高、中速数据传输中广泛应用，绝对相移（PSK）在解调时存在载波相位模糊问题，MDPSK应用更广
- ❑ MASK、MPSK、MFSK、MDPSK属于多进制数字键控，一个码元中包括更多的信息量，为了得到相同的误比特率，需要使用更大的功率或占用更高的频带

- 实际应用中常用多进制（如4进制、8进制、16进制）基带信号
- 多进制数字调制载波参数有M种不同的取值，相比二进制数字调制方式有两个优点：
 - 由于多进制数字信号含有更多的信息使频带利用率更高
 - 在相同的信息速率下持续时间长，可以提高码元的能量，从而减小由于信道特性引起的码间干扰
- 最常用的调制方式是多进制相移键控（MPSK），MPSK又称为多相制，由于基带信号有M种不同的状态，所以其载波相位有M种不同的取值，这些取值一般为等间隔
- 多进制相移键控也分为绝对移相和相对移相两种，实际中大多采用四相绝对移相键控（4PSK或QPSK），四相制的相位有0、 $\pi/2$ 、 π 、 $3\pi/2$ 四种，分别对应四种状态11、01、00、10

- 移动通信的概念及特点
- 移动通信网络的基础技术
- 移动通信的发展历史
- 数字调制技术
- 多址接入技术
- 正交频分复用
- 多输入输出

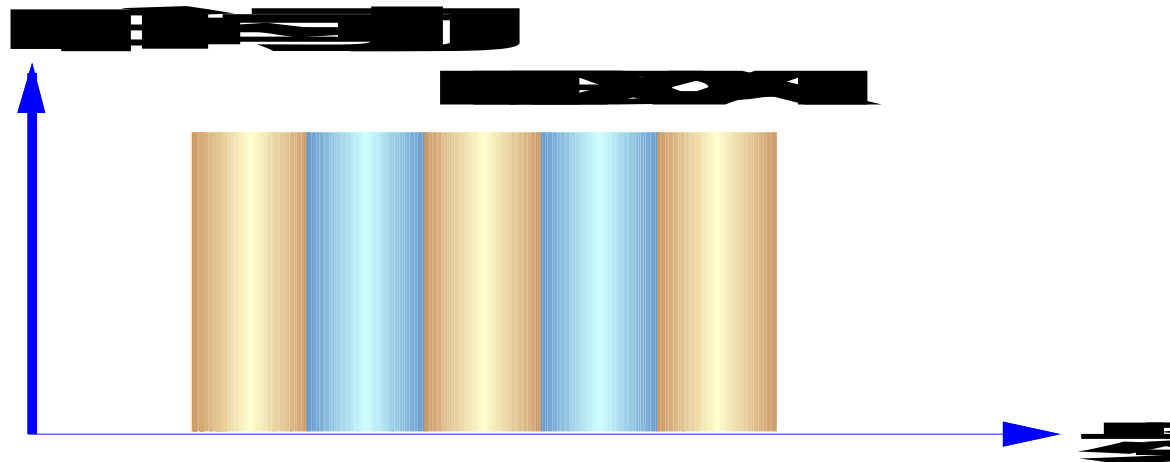
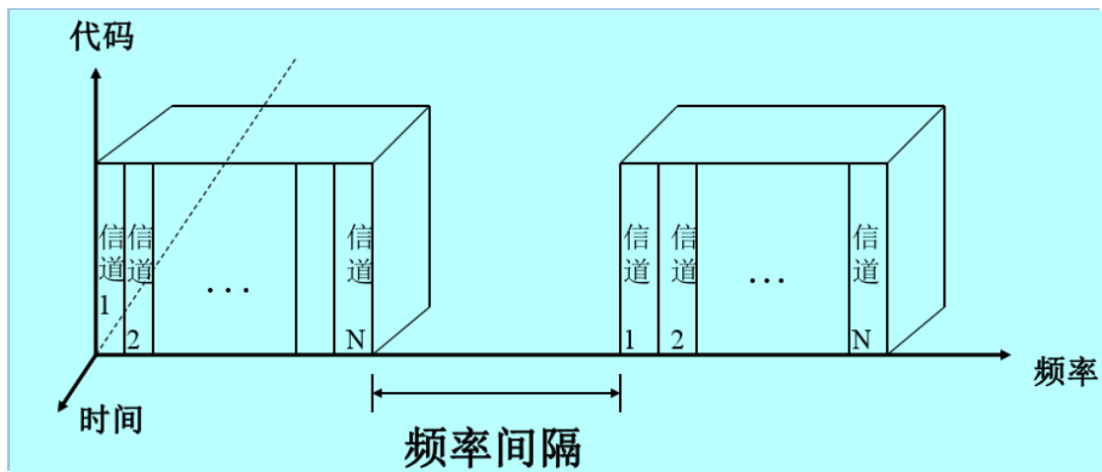
多址技术的概念：

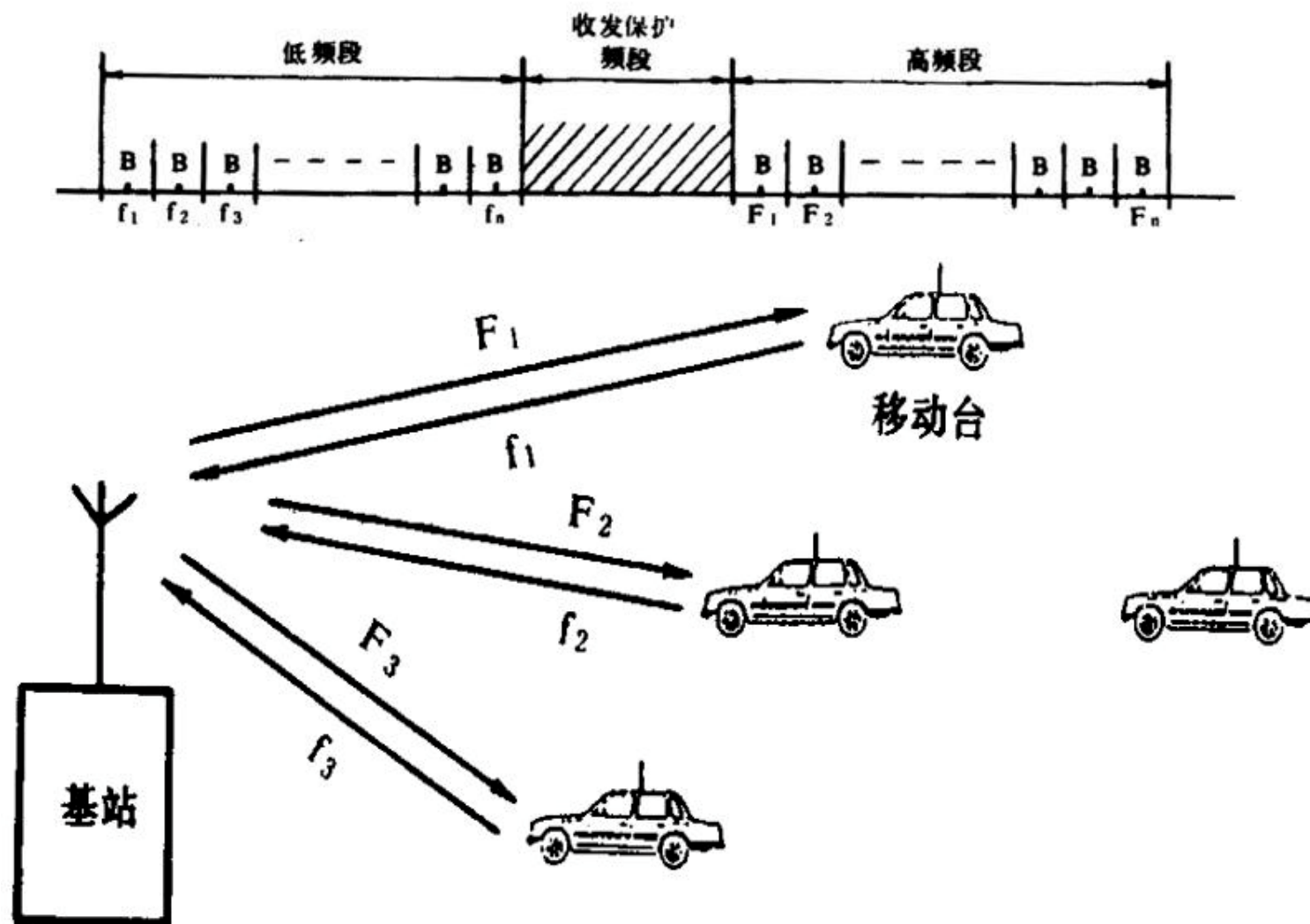
- 所谓**多址技术**（或多址接入技术）就是使**多个用户接入**并共享**同一个无线通信信道**，以提高频谱利用率的技术
- 把同一个无线信道按照**时间**、**频率**等进行分割，使不同的用户都能够不同的分割段中使用这一信道，而又不会明显地感觉到他人的存在，就好像自己在专用这一信道一样
- 占用不同的分割段就像是拥有了不同的地址，使用同一信道的多个用户就拥有了多个不同的地址

实现多址技术的主要方式：

多址方式的基本类型有三种，即**频分多址**（FDMA）、**时分多址**（TDMA）和**码分多址**（CDMA）及它们的混合应用

- **FDMA**是使用较早也是使用较多的一种多址接入方式，广泛应用于卫星通信、移动通信、一点多址微波通信系统中
- **FDMA按照频率的不同给每个用户分配单独的物理信道**，信道根据用户的需求进行分配，在频分全双工FDD情形下分配给用户的物理信道是**一对信道**（占用两段频段），一段频段用作前向信道，另一频段用于反向信道



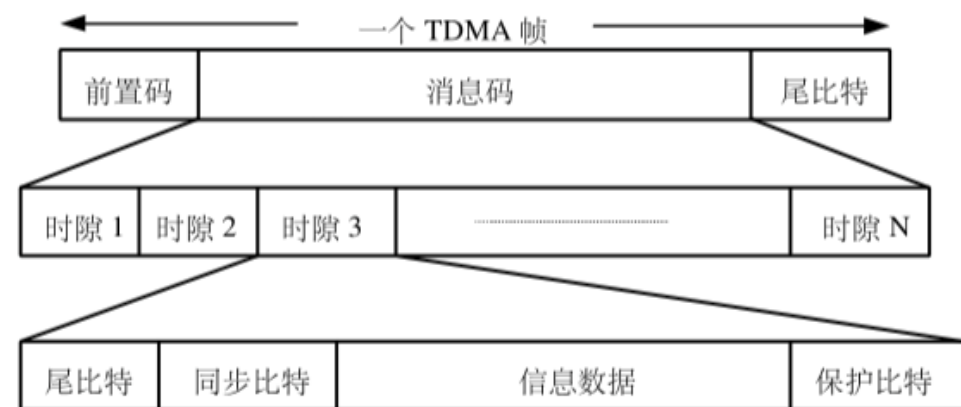
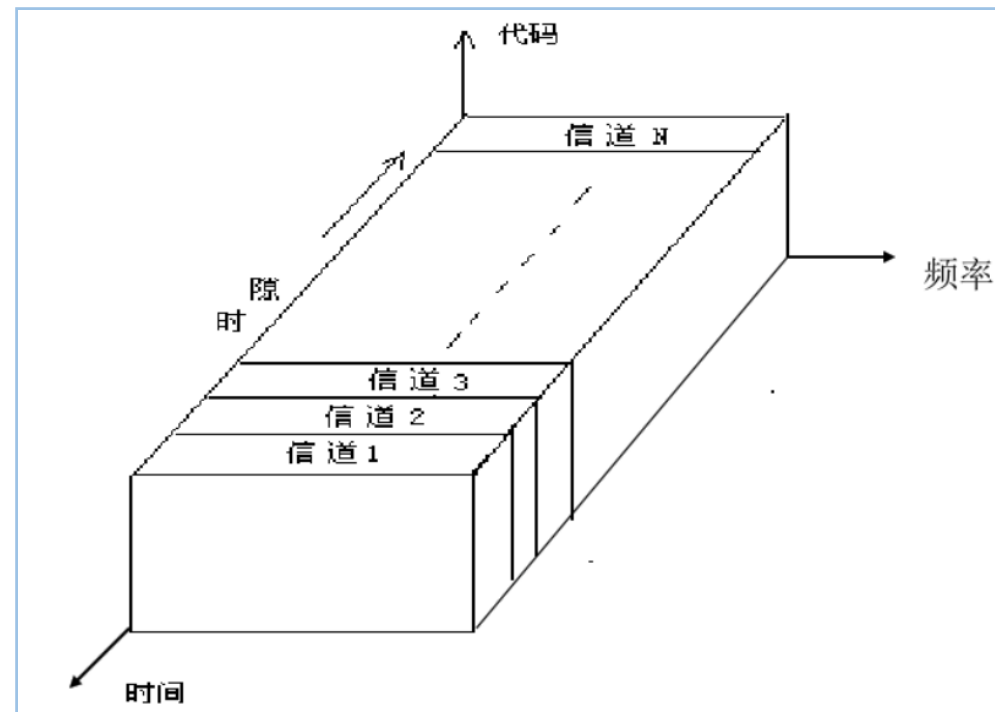


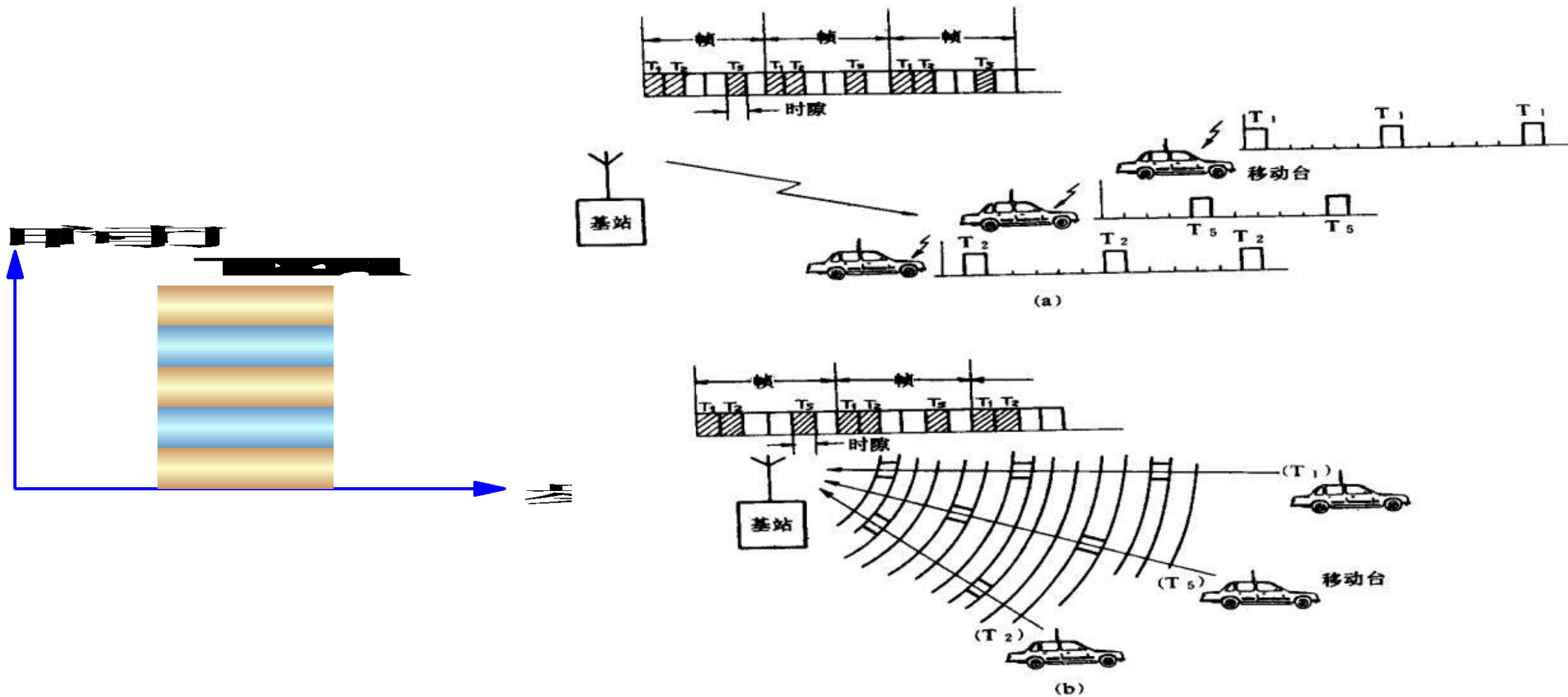
□ FDMA多址接入方式的特点

- FDMA信道的带宽相对较窄 (25~30kHz) , 但相邻信道间要留有**防护带**
- FDMA移动通信系统的复杂度较低, 容易实现
- FDMA系统采用单路单载波SCPC (Single Channel Per Carrier) 设计, 需要使用高性能的RF带通滤波器来减少邻道干扰, 因而成本较高

- **FDMA可采用数字调制, 也可采用模拟调制**, 也可以由一组模拟信号用频分复用方式 (FDM/FDMA) 或一组数字信号用时分复用方式占用一个较宽的频带 (TDM/TDMA) , 调制到相应的子频带后传送到同一地址

- 时分多址技术按照时隙来划分信道, 给不同的用户分配不同的时间段以共享同一信道。时分多址技术是数字数据通信和第二代移动通信的基本技术
- 在TDMA系统中, 时间被分割成周期性的帧, 每一帧再分割成若干个时隙(地址)。帧或时隙都是互不重叠的。然后, 根据一定的时隙分配原则, 使各个移动设备在每帧内只能按指定的时隙向基站发送信号, 在满足定时和同步的条件下, 基站可以分别在各时隙中接收到各移动设备的信号而互不混扰。同时, 基站发向多个移动设备的信号都按顺序安排, 在预定的时隙中传输。各移动设备只要在指定的时隙内接收, 就能在合路的信号中把发给它的信号区分出来

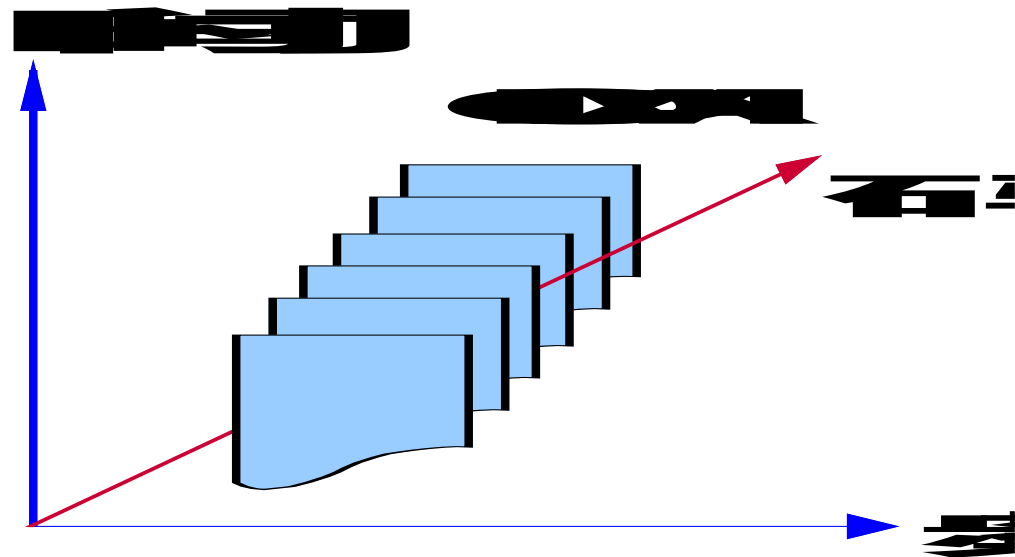
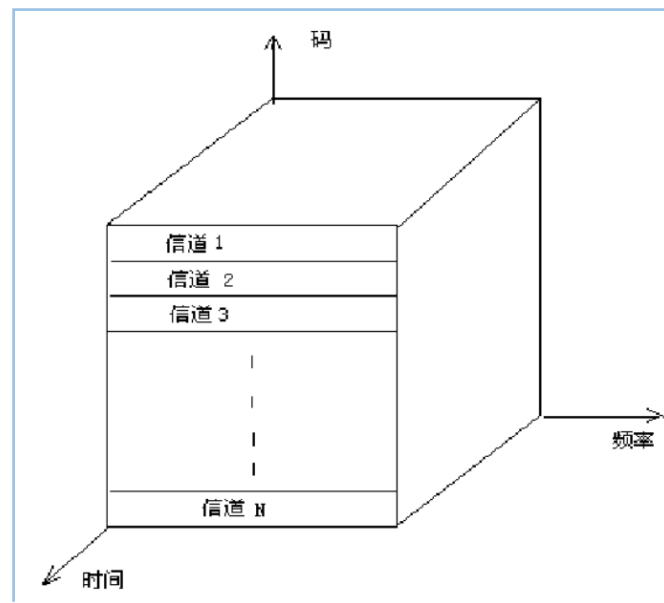


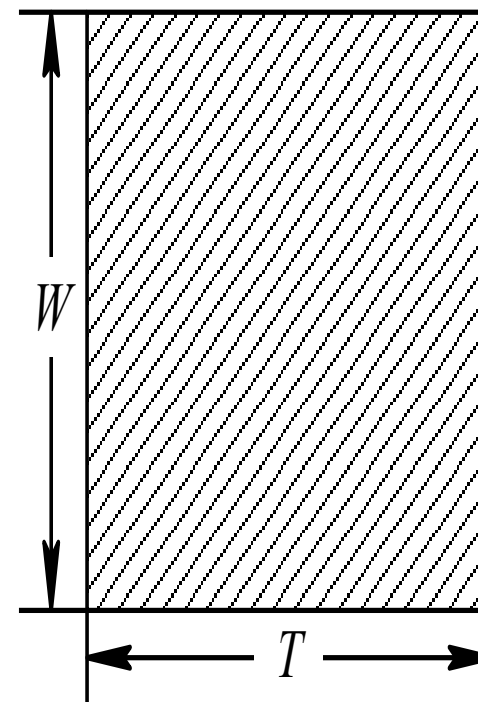
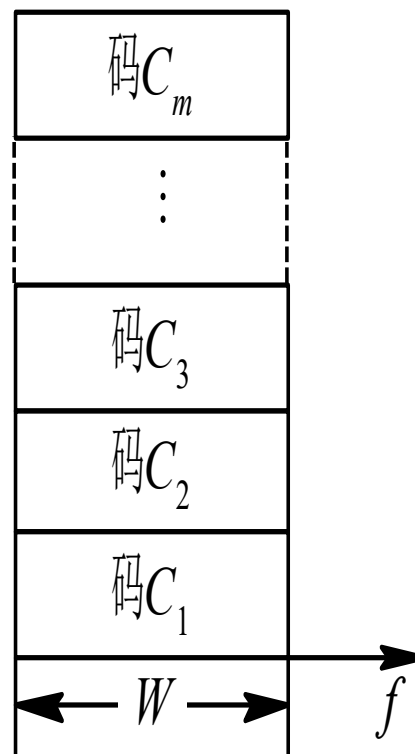
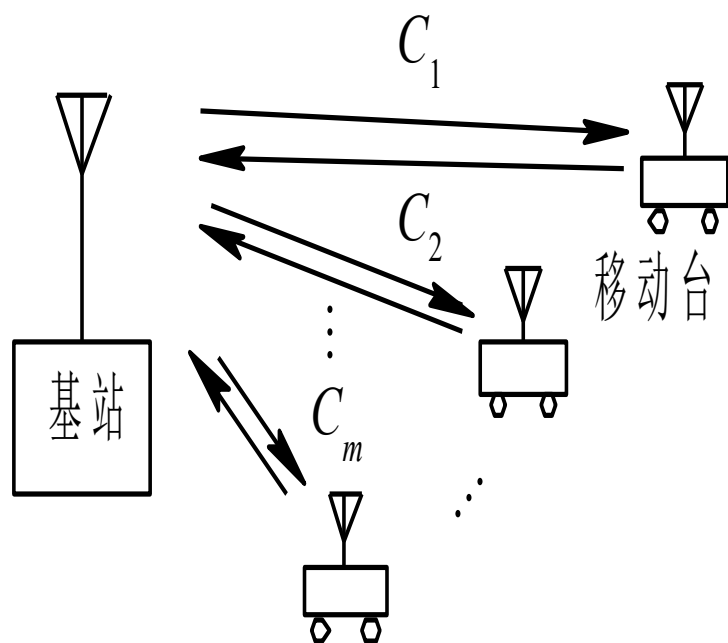


- ❑ 在频分双工（FDD）方式中，上行链路和下行链路的帧分别在不同的频率上，在**时分双工（TDD）方式中，上下行帧都在相同的频率上**，为保证在不同传播时延的情况下，各移动设备到达本站处的信号不会重叠，上行时隙内必须有保护间隔，在该间隔内不传送信号，基站按顺序安排在预定的时隙中向各移动设备发送信息
- ❑ 不同通信系统的帧长度和帧结构是不一样的，典型帧长为几毫秒到几十毫秒之间
- ❑ TDMA系统既可以采用FDD方式，也可采用TDD方式，在FDD方式中，上下行链路的帧结构既可以相同也可以不同；TDD方式中通常用一帧一半时隙用于移动设备发送，另一半时隙用于移动设备接收，收发工作在相同频率上
- ❑ TDMA系统不同信号的能量被分配到不同时隙里，利用定时选通来限制邻近信道的干扰，从而只让在规定时隙中有用的能量信号通过
- ❑ 目前使用的TDMA蜂窝系统是TDMA和FDMA的组合，比如先用30kHz的频分信道，再把它分成6个时隙进行TDMA传输，这种多址方式案例有北美的D-AMPS和欧洲的GSM，我国使用两种制式，但GSM居多

- ❑ 几个用户共享单一的载频，其中，每个用户使用彼此互不重叠的时隙，每帧中的时隙取决于几个因素，例如调制方式、可用带宽等
- ❑ 数据发射不是连续的，各移动设备发送的是周期性突发信号，而基站发送的是时分复用信号
- ❑ 由于发射不连续，移动设备可以在空闲的时隙里监听其它基站，从而使其越区切换过程大为简化，通过移动设备在空闲时隙监听，可以给移动设备增加链路控制功能，如使之提供移动设备辅助越区切换MAHO (mobile assisted handoff)
- ❑ 与FDMA相比，TDMA传输速率一般较高，需要采用自适应均衡用以补偿传输失真
- ❑ 每帧中可以分配不同的时隙给不同的用户，基于优先级对时隙进行链接或重新分配，可以满足不同用户的带宽要求

- ❑ 码分多址 (CDMA) 技术按照码型来划分信道，即给不同的用户分配一个不同的编码序列以共享同一信道，即使用不同的信号波形区分不同的用户。码分多址技术是第二代移动通信的演进技术和第三代移动通信的基本技术
- ❑ 在CDMA系统中，每个用户被分配给一个唯一的伪随机码序列（扩频序列），各个用户的码序列相互正交，因而相关性很小，由此可以区分出不同的用户
- ❑ CDMA既不划分频带又不划分时隙，而是让每一个用户使用系统所能提供的全部频谱，因而CDMA采用扩频技术能够使多用户在同一时间、同一载频以不同码序列来实现多路通信





□CDMA以扩频信号为基础，常用的扩频信号有两类：跳频信号和直接序列扩频信号（简称直扩信号）

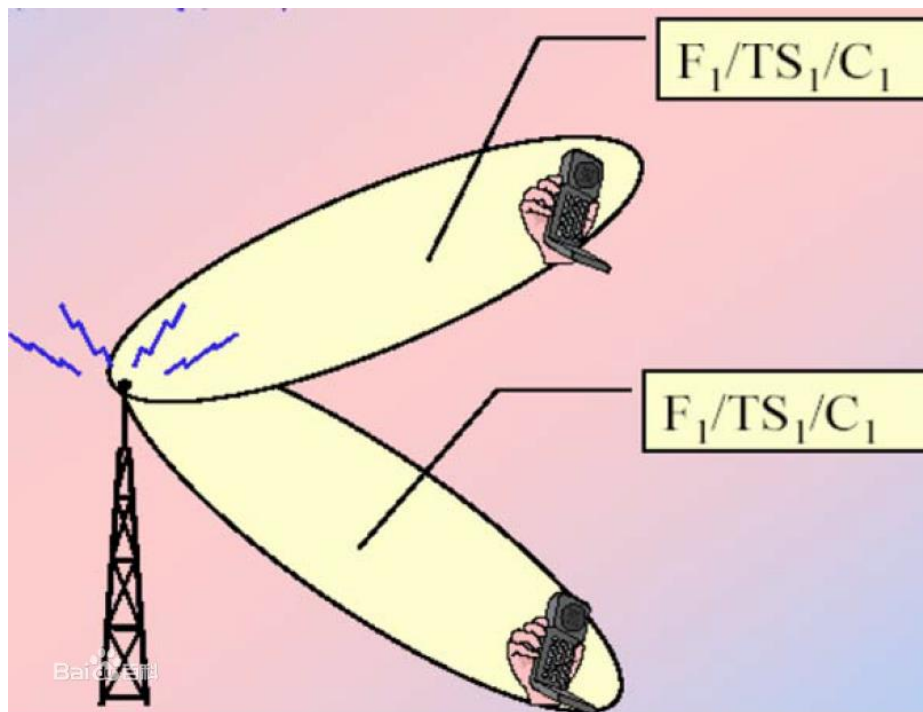
□跳频码分多址（FH-CDMA）：每个用户根据各自的伪随机序列，动态改变其已调信号的中心频率，类似于FDMA，但使用的信道是动态变化的，各用户的频率之间相互正交

□直扩码分多址（DS-CDMA），所有用户工作在相同的中心频率上

□移动通信中，最典型的码分多址方式有：2G的窄带CDMA系统（IS-95体制）；3G的宽带CDMA系统（CDMA2000、WCDMA和TD-SCDMA体制）

- 多用户共享同一频率，既可用TDD方式，也可用FDD方式
- 用户数目没有绝对的限制，用户数目增加会使系统性能逐渐降低
- 信号扩展到较大的频谱范围内，多径衰落的影响会显著减小
- 信道传输速率非常高，时隙的持续时间非常短，通常小于信道的时延扩散
- 可以采用宏观空间分集的方法提供软切换，任意时刻MSC或BSC可以选择最佳信号而不改变频率
- 存在自阻塞（由于不同用户的扩展序列不严格正交）
- 接收机会产生远近效应，使用功率控制技术可解决
- 不需要复杂的频率分配和管理
- 可实现负荷动态控制（小区呼吸功能），重负荷小区通过降低导频信号功率缩小覆盖范围，轻负荷小区可适当扩大覆盖增大容量

- 空分多址(Space Division Multiple Access, SDMA), 也称为多光束频率复用, 通过标记不同方位相同频率的天线光束来进行频率的复用, 通过空间的分割区别不同的用户。
- 在不同方向上形成不同的波束, SDMA使用定向波束天线服务于不同用户



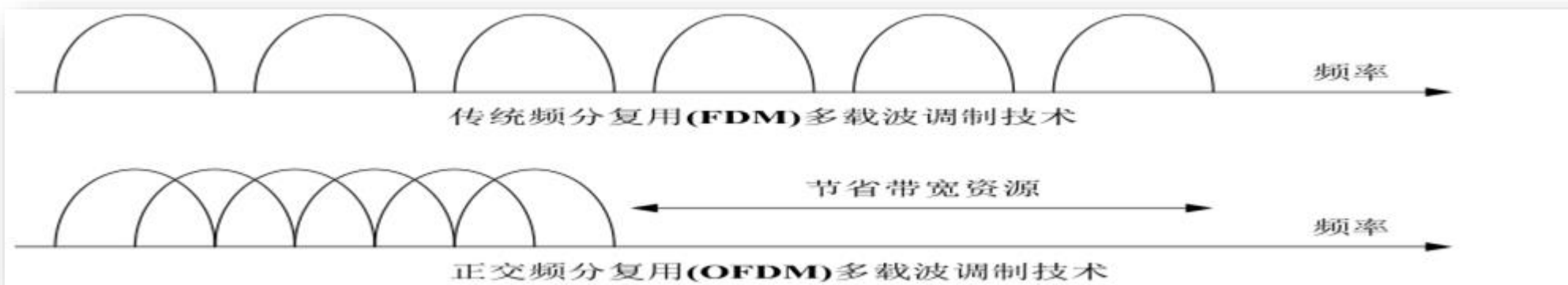
- **扇形天线是SDMA的一种基本方式**，极限情况下，自适应阵列天线具有极小的波束和快速的跟踪速度，可以实现最佳的SDMA，每个波束提供一个无其他用户干扰的信道
- **SDMA实现时，首先需要进行用户配对**，由于不同用户之间的隔离度不完全相同，为了减少干扰，提升吞吐量，应该优选隔离度大、相互干扰小的用户对或者用户集进行空分复用
- **室外SDMA实现时**，主要通过不同用户之间的波达方向（DOA: Direction of Arrival）估计结果判断其隔离程度；**室内SDMA实现时**，通过不同用户所在通道之间的物理隔离判断其隔离度

序号	移动电话系统	多址接入方式
1	高级移动电话系统AMPS	FDMA/FDD
2	全球移动电话系统GSM	TDMA/FDD
3	美国数字蜂窝系统USDC	TDMA/FDD
4	日本数字蜂窝系统JDC	TDMA/FDD
5	欧洲数字无绳电话系统DECT	FDMA/TDD
6	美国窄带扩频系统IS-95	FDMA/FDD
7	宽带码分多址系统WCDMA	CDMA/FDD
8	CDMA2000	FDMA+CDMA/FDD
9	TD-SCDMA	CDMA+TDMA/TDD
10	4G系统	FDMA、TDMA、CDMA、SDMA/FDD+TDD
11	5G系统	FDMA、TDMA、CDMA、SDMA/FDD+TDD

- 移动通信的概念及特点
- 移动通信网络的基础技术
- 移动通信的发展历史
- 数字调制技术
- 多址接入技术
- 正交频分复用
- 多输入输出

- 20世纪50年代提出，在通信各个领域，OFDM利用许多并行的、低速率数据传输的子载波来实现高速率的数据通信
- OFDM的主要思想是：在频域内将给定信道分成许多正交子信道，在每个子信道上使用一个子载波进行调制，并且各子载波进行并行传输，每个子信道相对平坦，进行窄带传输，可大大消除信号波形间的干扰
- OFDM最大的优点是能对抗频率选择性衰落或窄带干扰

□ **带宽利用率较高**：OFDM将频域划分为多个子信道，各相邻子信道相互重叠，不同子信道相互正交。将高速的串行数据分解成若干并行的子数据流同时传输。

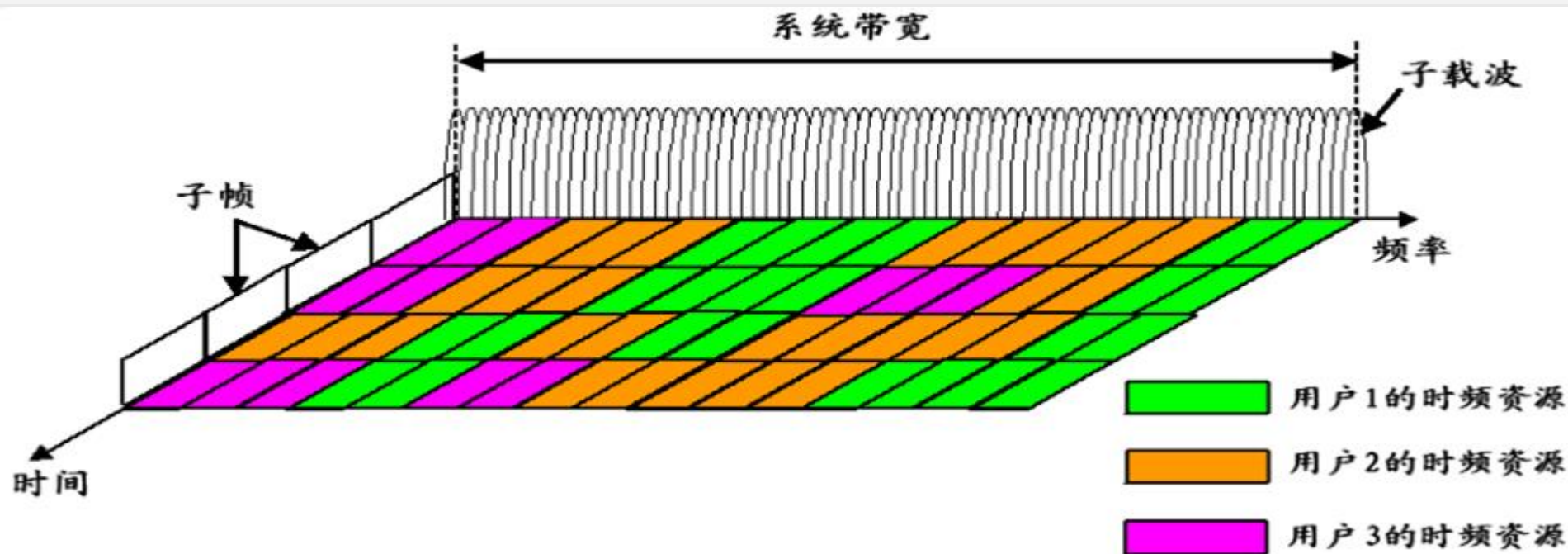


□ **频率选择性衰落小**：OFDM子载波的宽度小于信道“相干带宽”时，可以认为该信道是“非频率选择性信道”，经历的衰落是“平坦衰落”

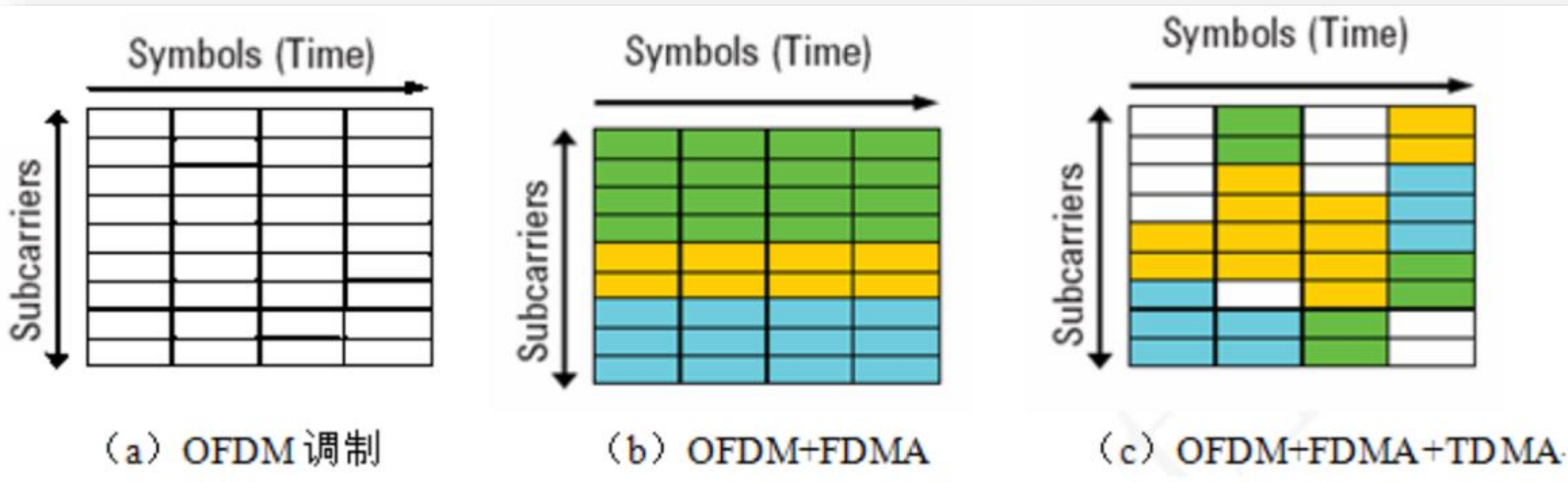
□ **时间选择性衰落小**：OFDM符号持续时间小于信道“相干时间”时，信道可以等效为“线性时不变”系统，降低信道时间选择性衰落对传输系统的影响。

□ OFDMA（正交频分多址接入）将传输带宽划分为相互正交的子载波集，通过将不同子载波集分配给不同的用户，可用资源被不同移动终端灵活共享

□ OFDMA可以看成是一种OFDM+FDMA+TDMA技术相结合的多址接入方式

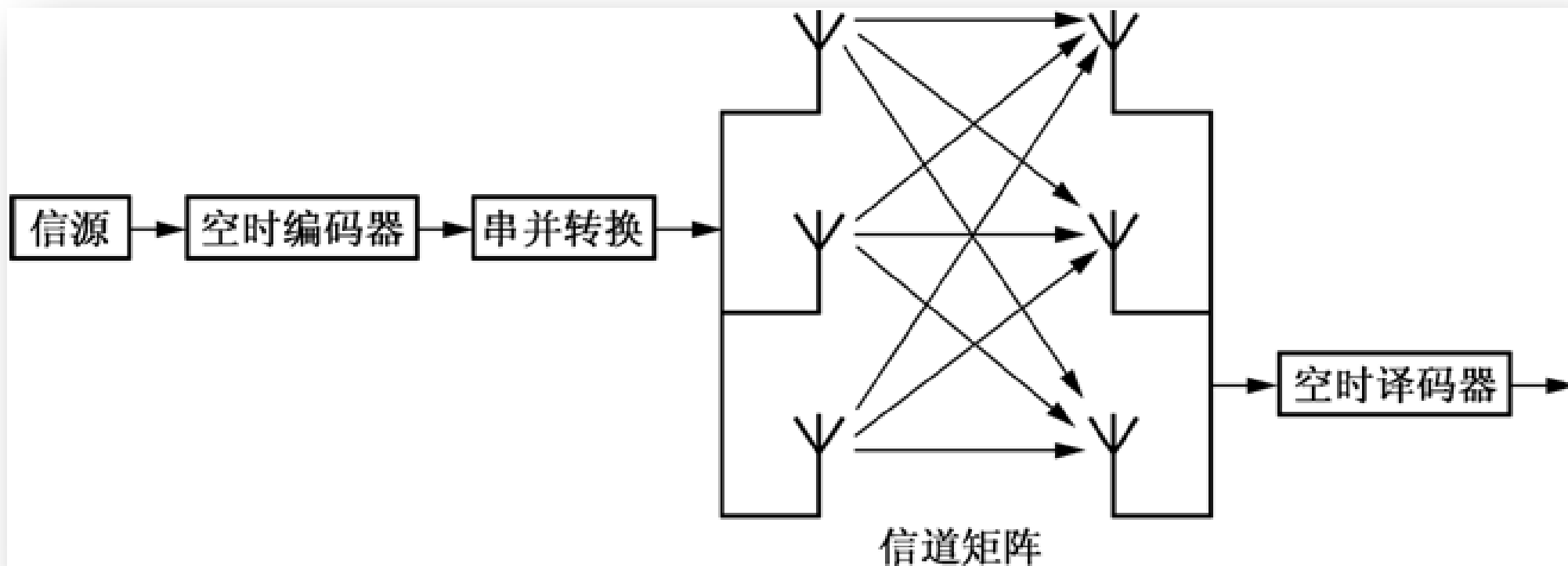


□根据每个用户需要的数据传输速率和当时的信道质量对频率资源进行动态分配。



- 移动通信的概念及特点
- 移动通信网络的基础技术
- 移动通信的发展历史
- 数字调制技术
- 多址接入技术
- 正交频分复用
- 多输入输出

- **MIMO** 又称为**多入多出系统**，指在**发射端和接收端同时使用多个天线**的通信系统，在不增加带宽的情况下提高通信系统的容量和频谱利用率。
- **MIMO** 是**LTE**系统的重要技术，理论计算表明，信道容量随发送端和接收端最小天线数目线性增长，所有**MIMO**模式下信道容量大于单天线模式下的信道容量。
- **MIMO** 能够更好的利用空间维度的资源、提高频谱效率。使信号在空间获得阵列增益、分集增益、复用增益和干扰抵消增益等，从而获得更大的系统容量、更广的覆盖以及更高的用户速率。



- 传输分集**：多个天线传输相同的内容，但内容顺序不同，例如一个传输是1234另外一个传输是2143。只要终端能解其中一个分集的内容就算成功，增加了内容传输的可靠性，减少干扰
- 空间复用**：利用空间信道的弱相关性的技术，主要工作机理是在多个相互独立的空间信道上传递不同的数据流，从而提高数据传输的峰值速率
- 波束赋形**，波束赋形是一种基于天线阵列的信号预处理技术，波束赋形通过调整天线阵列中每个阵元的加权系数产生具有指向性的波束，从而能够获得明显的阵列增益

The End !