

第4讲 移动通信系统 (1G-4G)

移动通信

- 移动通信概述
- 移动通信技术基础
- 第二代移动通信（2G）
- 第三代移动通信（3G）
- 第四代移动通信（4G）

前言——移动通信是全球的热点

- 移动通信与IP技术（因特网）是近年来信息技术领域的两大热点.
- 移动通信正在与IP技术相结合形成移动IP。
- 通信技术向宽带化、智能化、个人化方向发展，形成统一的综合宽带通信网

背景

- 电报及电话的发明
- 因为电话不能带在身上----不方便啊
 - 自从贝尔发明了电话机，这样人人都能手拿一个“话柄”，和远方的亲朋好友谈天说地了。电报和电话的相继发明，使人类获得了远距离传送信息的重要手段。但是，电信号都是通过金属线传送的。线路架设到的地方，信息才能传到，这就大大限制了信息的传播范围，特别是在大海、高山，有没有能让信息无线传播的办法？

1. 无形的信使——电磁波的发现

- 1887年，亨利希·鲁道夫·赫兹，得出了电磁能量可以越过空间进行传播的结论。
- 赫兹的发现具有划时代的意义，它不但证明了麦克斯韦理论的正确，更重要的是导致了无线电的诞生，开辟了电子技术的新纪元，标志着从“有线电通信”向“无线电通信”的转折点。也是整个移动通信的发源点，应该说，从这时开始，人类开始进入了无线通信的新领域

2. 无线电通信的发明

- 载着声音飞翔的电波——无线电通信的发明
 - “要是我能指挥电磁波，就可飞越整个世界”——无线电报的发明波波夫
- 1898年，英国举行了一次游艇赛，终点设在离岸20英里的海上。《都柏林快报》特聘马可尼为信息员。他在赛程的终点用自己发明的无线电报机向岸上的观众及时通报了比赛的结果，引起了很大的轰动。这被认为是无线电通信的第一次实际应用。紧接着，马可尼在英国建立了世界上第一家无线电器材公司——英国马可尼公司。

3. 移动通信的诞生及演进

- 二十世纪20年代至40年代初
 - 使用范围小，主要使用对象是船舶、飞机、汽车等专用移动通信以及运用在军事通信中。
- 40年代中至60年代末
 - 移动通信向小型化方面大大前进了一步。美国、日本、英国、西德等国家开始应用汽车公用无线电话。
- 70年代至80年代
 - 美国贝尔实验室(Bell Lab)推出的蜂窝式移动通信系统的概念，蜂窝式系统开始应用，是第一代移动通信系统。
- 90年代中至今
 - 推出第二、第三代移动电话通信系统。

4. 个人移动通信的诞生及演进

- 个人通信的发源地——寻呼机的诞生



- 实现个人电话的梦想 ——蜂窝式移动电话的诞生

4. 个人移动通信的诞生及演进

- (1) 无线电寻呼机的出现
 - **Pager/beeper**
 - 1956年，第一个无线电寻呼机由MOTOROLA研制成功。
 - 1968年，日本率先在150MHZ移动通信频段上开通模拟寻呼系统。
 - 1983年，我国开始研究发展寻呼系统，
 - 1983年9月16日，上海在150MHZ频段上开通了我国第一个模拟寻呼系统。
 - 1984年5月1日，广州在150MHZ频段上开通了我国第一个数字寻呼系统。
 - 1991年11月15日，上海在150MHZ频段上开通了我国第一个数字汉字寻呼系统。
 - **意义：开创了移动通信的时代。**

4. 个人移动通信的诞生及演进

(2) 蜂窝状移动电话的诞生

- ⑩背景：随着无线电报和无线广播的发展，人们更希望有一种可以随身携带、不用电话线路的电话。
- ⑩70年代初，贝尔实验室提出蜂窝系统的覆盖小区概念后，很快进入了实用阶段。
- ⑩1979年，美国芝加哥试验成功AMPS模拟蜂窝式移动电话系统，83年在美国投入商用。
- ⑩1987年，我国第一个移动电话局在广州开通，进入第一代模拟移动通信时期，引进英国的TACS系统。

4. 个人移动通信的诞生及演进

(3) GSM手机的出现

- 模拟蜂窝式移动电话的缺点：
 - 1) 由于采用FDMA技术造成频率资源的严重不足
 - 2) 易被窃听和制造成伪机
- 1982年，欧洲成立了GSM（移动通信特别组），任务是制定泛欧移动通信漫游的标准，后来开发出的数字移动通信系统就以“GSM”命名。
- GSM现在的含义是：
 - Global System Mobile Communication,
 - 中国移动和联通推出的“全球通”就是GSM系统。



4. 个人移动通信的诞生及演进

(4) 全球“铱”星系统

⑩1990年，motorola公司推出了全球个人通信的新概念——“铱”星系统

⑩1999年8月向法院申请破产保护。

(5) 新一代手机的诞生（GPRS）通用分组无线业务。

⑩GPRS、CDMA 以及蓝牙技术

移动通信概述

- 移动通信定义
- 移动通信频段的使用
- 移动通信的特点
- 移动通信的工作方式
- 移动通信系统的组成
- 常用移动通信系统

移动通信概述

1. 定义：

⑩ “动中移动通信”

⑩ 通信双方或至少其中一方在运动状态中进行信息传递的通信方式。

2. 移动通信频段的使用

(1)定义：

一段载波频率（即一个连续的频率范围）

比如：150MHZ频段、900MHZ频段

（890~915MHZ及935~960MHZ）

移动通信概述

(2)问题:

是否随便划出来一段就可以使用?

(3)考虑的因素:

⑩电波传播特性: 衰耗

⑩天线长度: 波长/2; 波长/4

⑩抗干扰能力

(4)曾经使用过的频段:

⑩早期: 在甚高频 (VHF) 上30M~300MHZ

开发出150MHZ频段, 属于超短波/米波, 与收音机的频段类似。

移动通信概述

- 现阶段我国：
 - 在特高频（UHF）300M~3GHZ上先后开发出以下几个频段：
- 450MHZ频段：
 - 403~420（移动台发、基站收）上行
 - 450~470（基站发、移动台收）下行
- 900MHZ频段(GSM)
 - 上行链路: MS→BS 890MHz-915MHz ,频率范围25MHz
 - 下行链路: BS→MS 935MHz-960MHz ,频率范围25MHz
- 2000MHZ频段(3G):
 - 1880MHz - 2125MHz

移动通信概述

- 蜂窝移动通信的频率分配
 - 我国模拟蜂窝移动通信曾使用890—905MHz（移动台发，基站收）和935—950MHz（基站发，移动台收）工作频段，现已逐步将部分频率让给GSM
 - 我国数字蜂窝移动通信使用905—915MHz（移动台发，基站收）和950—960MHz（基站发，移动台收）工作频段，其中**中国移动通信公司**GSM系统使用905—909MHz和950—954MHz工作频段，**中国联通公司**GSM系统使用909—915MHz和954—960MHz工作频段。此外中国移动通信公司还使用了1800MHz频段的10MHz的带宽。
 - 第三代移动通信工作在2000MHz频段上。中国移动TD-SCDMA为1880MHz -1900MHz, 2010MHz-2025MHz的频谱；中国电信CDMA是1920MHz -1935MHz(上行)、2110MHz -2125MHz(下行)；中国联通是1940MHz-1955MHz(上行)、2130MHz -2145MHz(下行)

移动通信概述

3. 移动通信的特点:

(1)可用频谱资源有限，而业务需求量增长迅速

- 频谱拥挤、频谱需严格管理
- 解决的方法：
 - 开辟和启用新的频段
 - $f=150\text{MHz} \rightarrow 450\text{MHz} \rightarrow 900\text{MHz} \rightarrow 1800\text{MHz}$
 $\rightarrow 2000\text{MHz}$
 - 研究各种新技术和新措施，如FDMA、TDMA、CDMA

(2) 电波传播存在多径衰落

⑩在移动通信(特别是陆上移动通信)中,由于移动台的不断运动导致其传输特性变化十分剧烈,使移动台接收到的电波是直射波和随时变化的绕射波、反射波、散射波的叠加,造成所接收信号的电场强度起伏不定,这种现象称为衰落—多径效应引起信号衰落。

● 传播路径

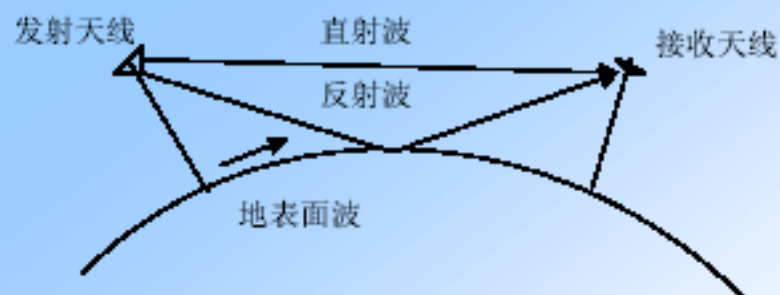
■ 直射波---视距传播

■ 反射波

■ 地表面波

● 移动信道

■ 多径衰落



移动通信概述

(3) 面临环境的干扰和噪声

⑩ 传统的噪声干扰：

（1）天电干扰 （2）工业噪声（汽车点火）

⑩ 移动系统内部的干扰：

⑩ 互调干扰：主要是系统设备中的非线性引起的，如混频选择不好，使无用信号混入，而造成干扰。

⑩ 噪声

⑩ 系统之间的干扰：

- 同频干扰：相同载频台之间的干扰
- 邻道干扰：相邻信道之间的干扰（功率控制）

移动通信概述

(4)存在多普勒频移的影响和大动态范围的要求

⑩多普勒频移：运动中的物体达到一定速度时，固定点接收到的无线载波频率将会有一定的频移

⑩解决方法：锁相技术 频率跟踪

(5)系统网络结构多样、灵活，建网技术、网管复杂

- 网络结构多种多样

- 覆盖形状：带状、面状

- 覆盖大小：大区制→蜂窝小区→微蜂窝大区和微小区结合→层状结构

- 考虑因素：容量、稳定性、速度、建网费用

- 网管复杂

- 用户注册和登记、鉴权和计费、安全和保密

- 网络技术复杂

- 越区切换、漫游等功能

移动通信概述

(6)移动台必须在移动环境中使用

- ⑩体积小、重量轻、操作方便小巧（超大规模集成电路的使用）
- ⑩便携（天线要短，使用高频）
- ⑩省电（发射功率要尽量小）
- ⑩防震（性能稳定）
- ⑩抗潮等。

移动通信概述

- 可见：移动通信面临的核心问题
 - 在满足用户服务质量的前提下，提高频谱利用率，提高系统容量，提供多种服务是公众移动通信的核心问题

4. 移动通信的工作方式：

- 按照通信的状态和频率使用的方法可分为三种方式：
 - 单工
 - 半双工
 - 双工

移动通信概述

(1) 单工制：单频（同频）单工

- 单频是指通信的双方使用相同的工作频率
- 单工是指通信双方的操作采用“按—讲”方式。
 - 平时，双方的接收机均处于守听状态。如果A方需要发话，可按“按讲”开关，关掉A方接收机，使其发射机工作，这时由于B方接收机处于守听状态，即可实现由A至B的通话；同理，也可实现由B至A的通话。
 - 收发使用同一个频率的按键通信方式。
 - 发送时不能接收，接收时不能发送。

移动通信概述

(2) 半双工制:

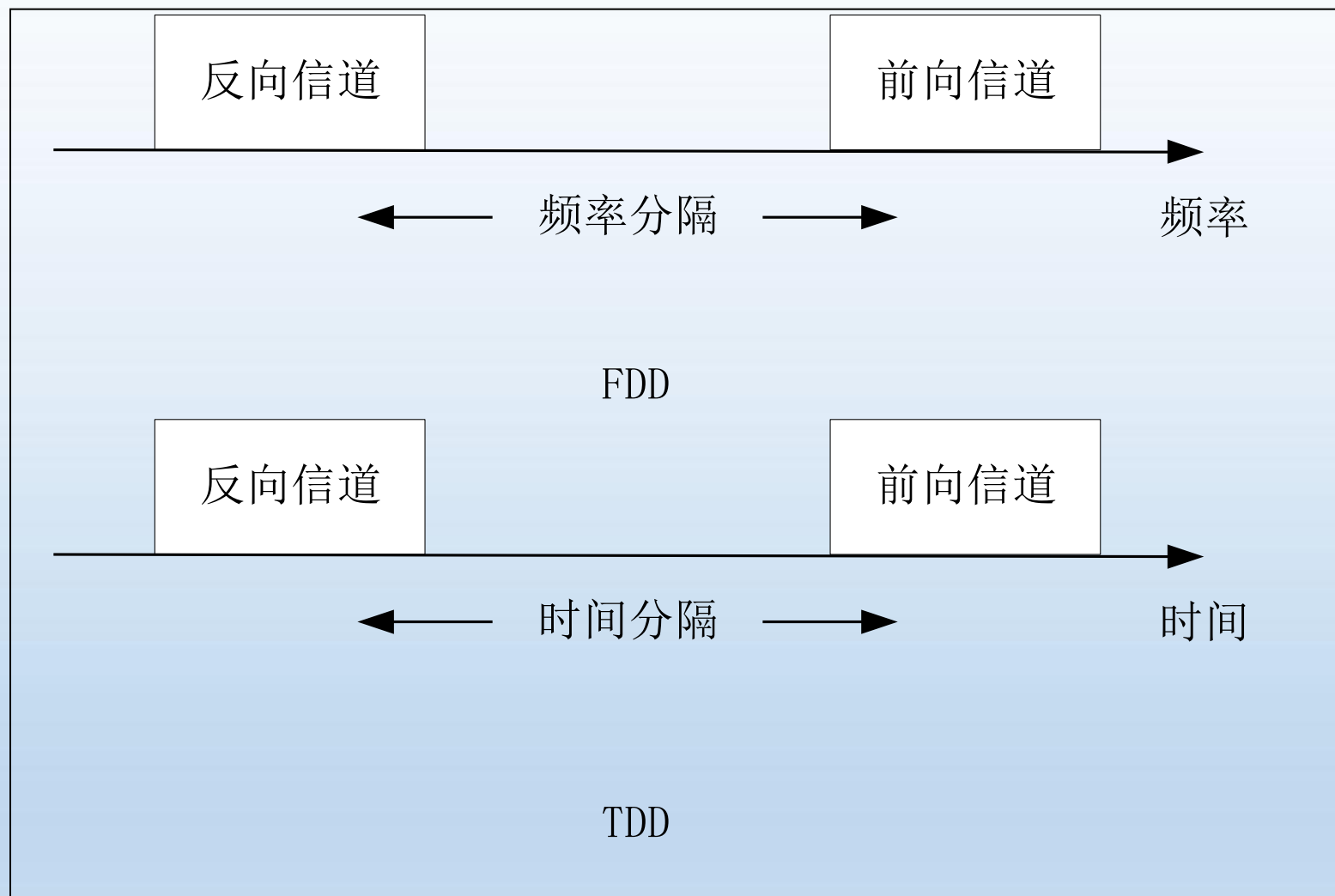
- 指通信的双方，有一方（如**A**方）使用双工方式，即收发信机同时工作，且使用两个不同的频率；
- 而另一方（如**B**方），则采用双频单工方式，即收发信机交替工作。
- 半双工制主要用于汽车调度、集群调度系统。

移动通信概述

(3) 双工制:

- 通信的双方收发信机均同时工作，即任意一方在发话的同时也能收到对方的话音。
- 目前移动通信系统都采用这种制式。
- 分类:
 - 频分双工（FDD）：GSM使用
 - 时分双工（TDD）：3G使用

移动通信概述



移动通信概述

FDD:

⑩收发采用两个不同的频率， f_1, f_2 之间有一定的频率间隔（避免发射机和接收机干扰），采用这种制式的移动台需要天线共用装置——双工器

• 优点:

- a. 由于发送频带和接收频带有一定的间隔（10MHZ或45MHZ），所以发射机和接收机之间的干扰可以大大降低。
- b. 使用方便，不需收发按键控制操作
- c. 适宜多频道（即多用户）同时工作的系统，这些频道在频率上互相分开，互不重叠。

• 缺点:

- 由于发射机通常处于连续发射状态，电源耗电量较大。

移动通信概述

TDD:

- 通信双方分别在自身控制器的控制下，以**1**个时隙发信，以另一个时隙收信的方式进行通信。
- 优点：提高了频谱利用率
- 缺点：技术比较复杂
- 在**3G**中广泛采用。

移动通信概述

- 5.移动通信系统的组成:
- 移动通信系统一般由移动台（MS）、基站（BS）、移动业务交换中心（MSC）以及与市话网（PSTN）相连接的中继线等组成
- 不难看出，通过基站、移动业务交换中心，就可以实现在整个服务区内任意两个移动用户之间的通信，也可以经过中继线与PSTN连接，从而构成一个无线、有线相结合的移动通信系统。

移动通信概述

- 移动业务交换中心MSC（Mobile Switching Centre）：
 - 完成移动台和移动台之间、移动台和固定用户之间信息的交换转接和系统的管理。
 - 通常，每个移动交换中心可以支持近100个基站，移动交换中心到固定网络之间需要5000个话路的传输容量。
- 交换中心至基站的传输线
 - 光纤或微波

移动通信概述

- 移动台MS（Mobile Station）：
 - 接收无线信号并且移动的终端，
 - 包括手机，车载台、呼机，无绳电话等等
- 基站BS（Base Station）
 - 是与移动台联系的一个固定收发机
 - 接收移动台的信号与交换局相连，从而完成移动台的收发工作
 - 每个基站都有一个可靠通信的服务范围(称为无线小区)
 - 服务区的大小，主要由发射功率和基站天线的高度决定。



常用移动通信系统简介

6. 常用移动通信系统

⑩无线寻呼系统

⑩无绳电话系统

⑩集群调动系统

⑩卫星移动通信系统

⑩陆地公众蜂窝移动通信系统

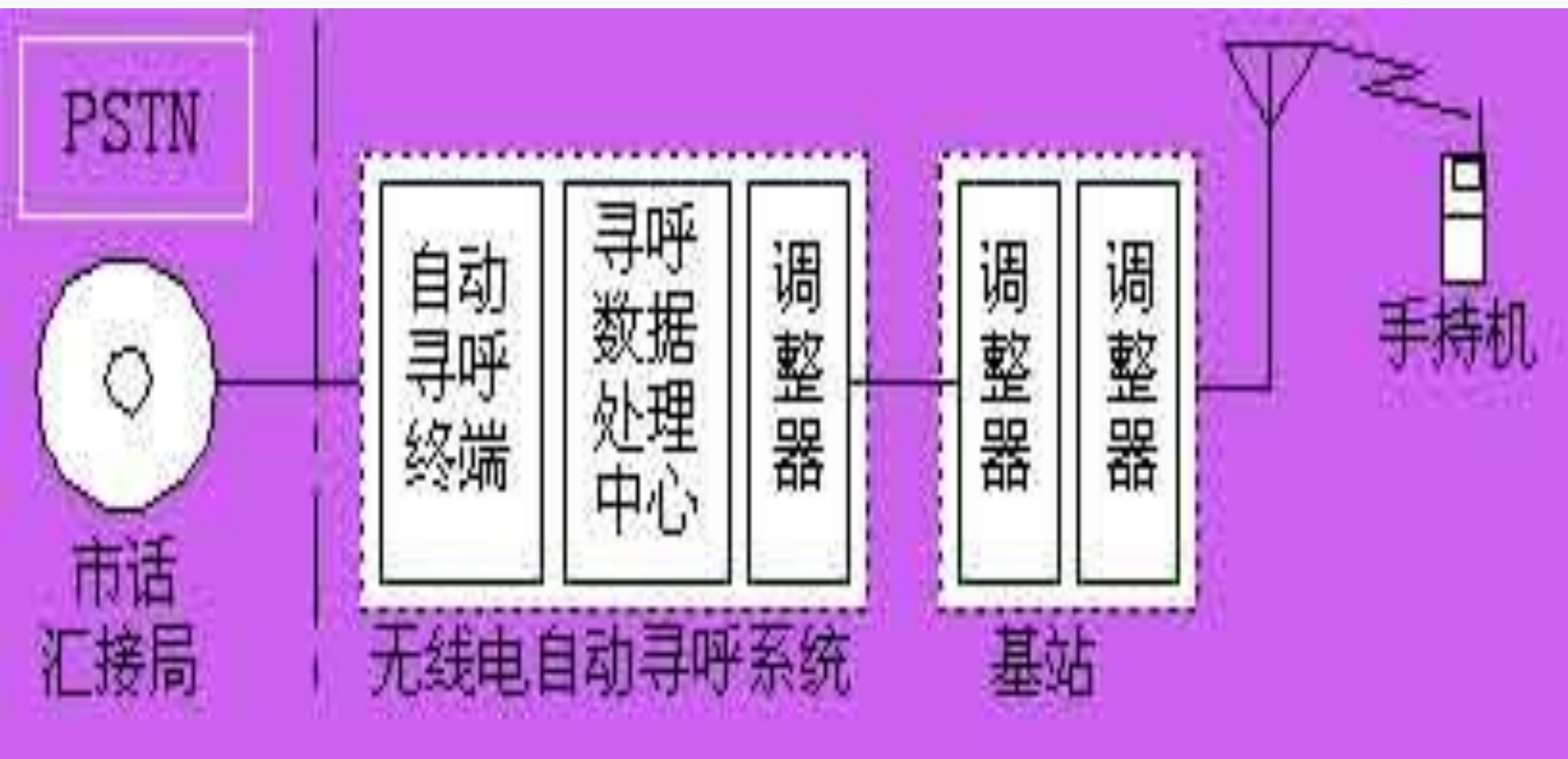
⑩陆地公众蜂窝移动通信系统是移动通信系统的代表，也是发展最快的系统

常用移动通信系统简介

(1) 无线寻呼系统

- 组成：
 - 无线寻呼控制中心
 - 寻呼发射台
 - 寻呼接收机
- 工作方式：
 - 人工
 - 手动

常用移动通信系统简介



无线电寻呼系统组成

工作过程：用户打电话→电话网→连入寻呼台→对叫方的信息进行处理→天线发送出去→BP接收信号

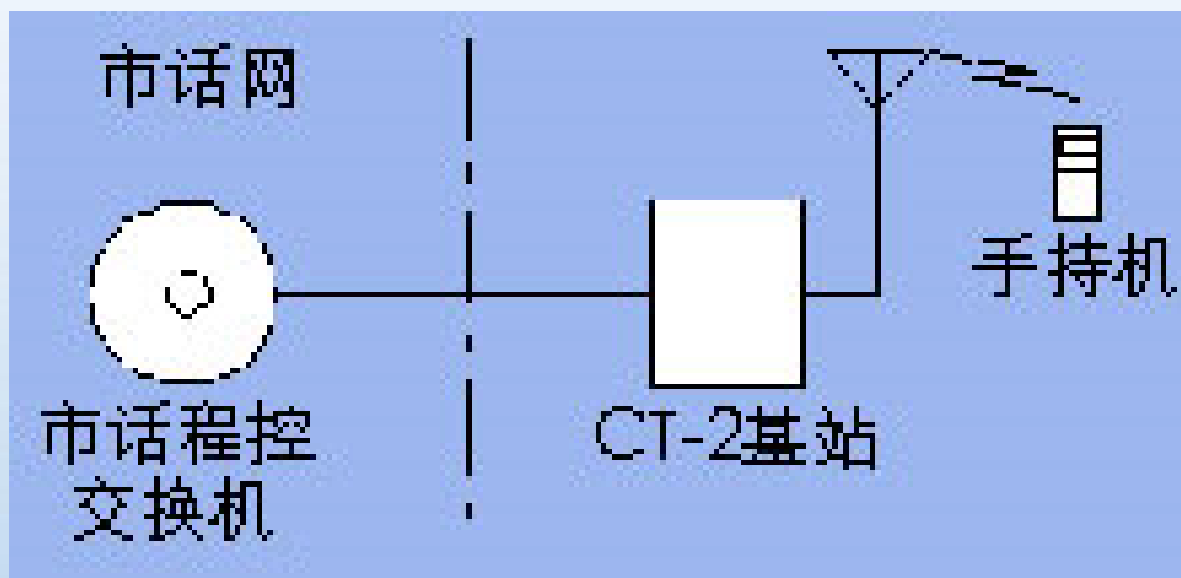
常用移动通信系统简介

(2) 无绳电话系统

- 功率小（10mW以下），覆盖半径小（100m左右）
- 分类：
 - 公用（通常在办公楼、居民楼群之间、火车站、机场、繁华街道）设立基站
 - 私用：“步步高”等无绳电话。
- 近年来基于无绳概念而发展起来的无线用户交换（WPABX）得到重视，作为无绳数据通信的无线局域网（WLAN）也得到发展。
- 无绳通信也是发展个人通信网（PCN）的一个基础。

常用移动通信系统简介

- 无绳电话移动通信系统



常用移动通信系统简介

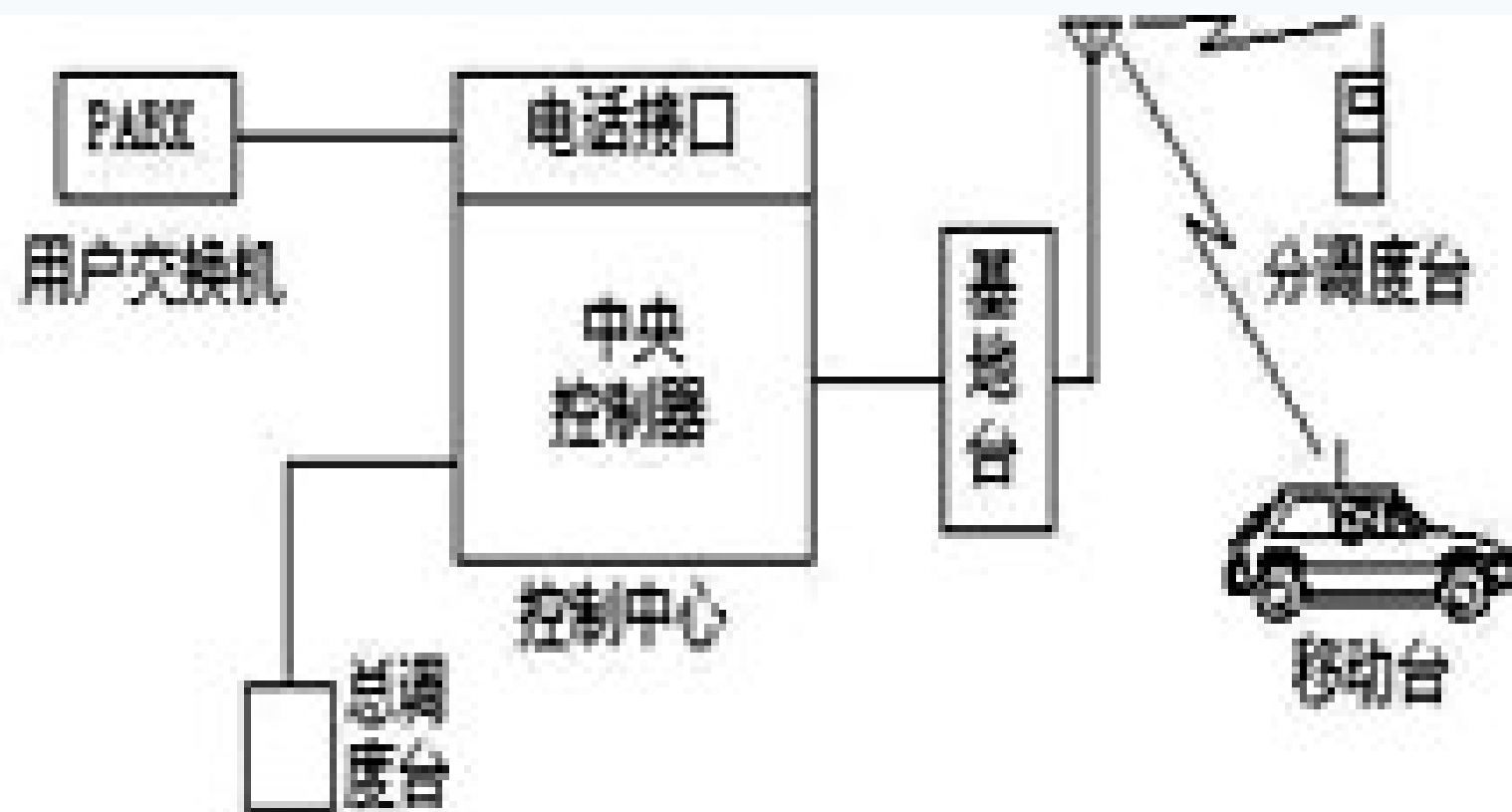
(3) 集群调度系统:

- 作用：公共汽车、公安、消防等的调度。
- 它的特点为只有一个基站，天线高度为几十米至百余米，覆盖半径为30~50km以上，发射机功率可高达200W
 - 信道数有限，容量较小，一般只能容纳数百至数千个用户

常用移动通信系统简介

- 组成：一般由控制中心、总调度台、分调度台、基地台及移动台组成
 - 最简单的调度通信网由若干个使用同一频率的移动电台组成，其中一个充当调度台，向其它台发送信息。
 - 用户数约为几十至几百，可以是车载台，也可手持台。它们可以与基站通信，也可通过基站与其他移动台及市话用户通信，基站与市站有线网连接。

功能：该系统具有单呼、组呼、全呼、紧急告警/呼叫、多级优先及私密电话等适合调度业务专用的功能。



常用移动通信系统简介

(4) 移动卫星通信系统

- **中、低轨道非同步卫星**
- **技术成熟，但造价高、寿命短**
- **接收信号电平与通信距离的平方成反比**

常用移动通信系统简介

- 几个移动卫星系统

- ⑩美国Motorola 铱 (Iridium) 系统, 它采用8轨道66颗星的星状星座, 卫星高度为765km。
- ⑩全球星 (Global star) 系统, 它采用48颗星的莱克尔星座, 卫星高度约1400km;
- ⑩奥德赛 (Odyssey) 系统, 采用3轨道12颗星的莱克尔星座, 中轨、高度为10000km;
- ⑩白羊 (Aries) 系统, 采用4轨道48颗星的星状星座, 高度约1000km;
- ⑩俄罗斯的4轨道32颗星的COSCON系统
- ⑩海事卫星组织推出的Inmarsat - P, 采用12颗星的中轨星座组成全球网 (双模式)

几种典型的蜂窝移动通信系统

		TACS	GSM900/ DCS1800	CDMA
工作 频段	DL (MHz)	935--960	935—960 1805--1880	869--894
	UL (MHz)	890--915	890—915 1710-1785	824—849
双工间隔		45MHz	45MHz	45MHz
频道间隔		25KHz	200KHz	1250KHz
接续方式		FDMA	TDMA	CDMA

1.移动通信系统中解决容量问题的主要技术？

- 移动通信的瓶颈：频率资源（VHF/UHF）有限

900MHZ频段(GSM):

MS→BS 890MHz-915MHz 频率范围
25MHz

BS→MS 935MHz-960MHz 频率范围
25MHz

如何解决容量问题？

频率复用 (Channel Reuse)

蜂窝状移动通信系统简介

- 比如，目前**GSM**，系统可用频带为**25MHZ**,相邻频道间隔为**200kHz**，频道配置采用等间隔配置方法，因而只有**125**个（实际上只有**124**个,同时容纳**1000**个用户）频道，这么少的频道数如何容纳上亿计的用户来进行通话呢？

蜂窝状移动通信系统简介

- 频率复用的可行性：
 - **利用超短波电波传播距离有限的特点，离开一定距离的小区可以重复使用频率，使频率资源可以充分利用。**

研究同频干扰和同频小区间的距离是频率复用的依据

蜂窝状移动通信系统简介

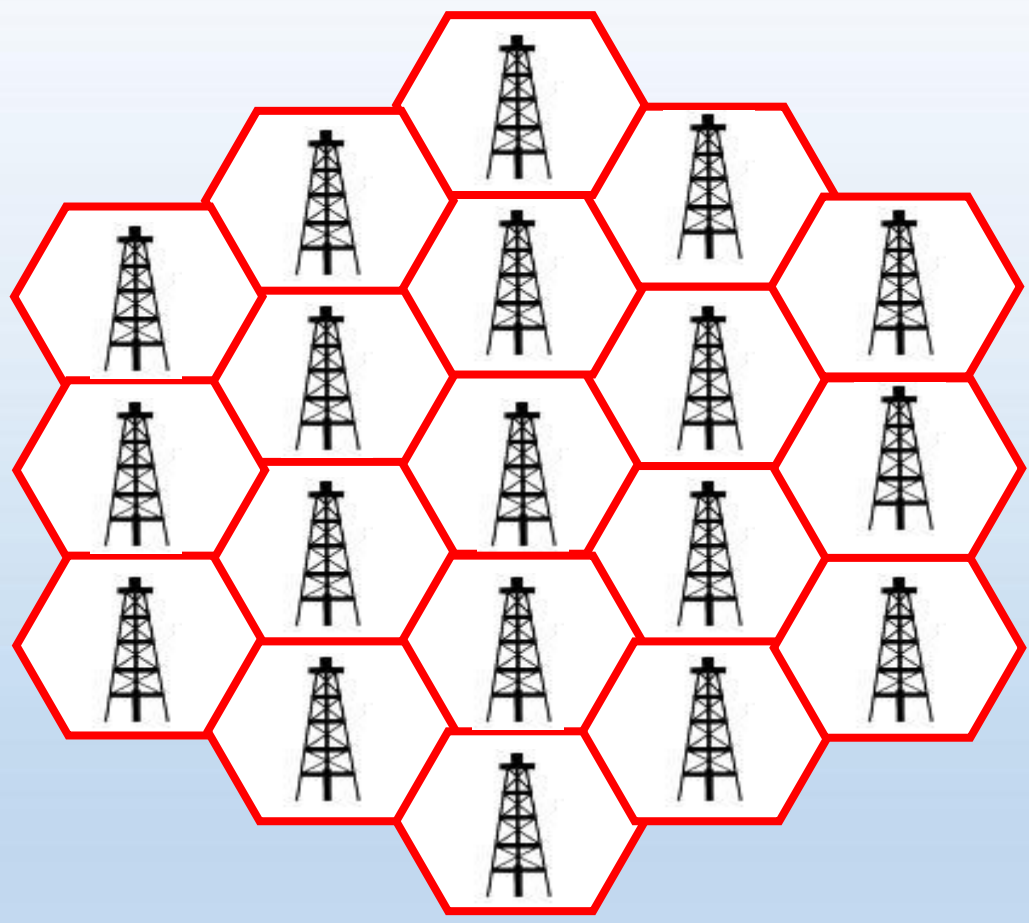
- 提高容量的主要技术：
 - 通过蜂窝技术、频率复用、小区分裂以及多址联接等技术来解决容量问题。
 - 蜂窝小区的划分是解决频道利用，增加用户容量的关键技术。

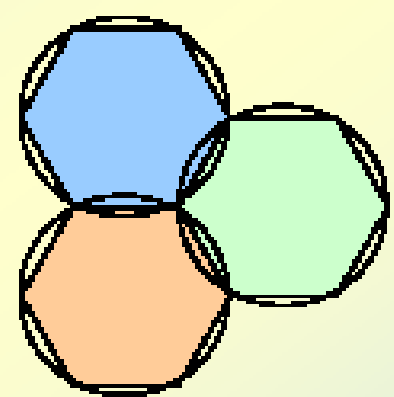
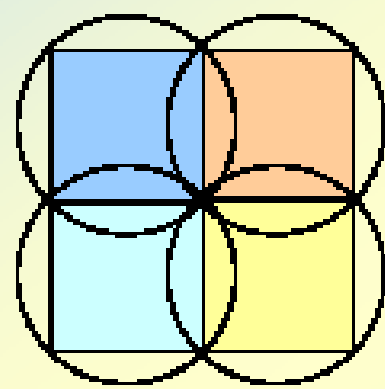
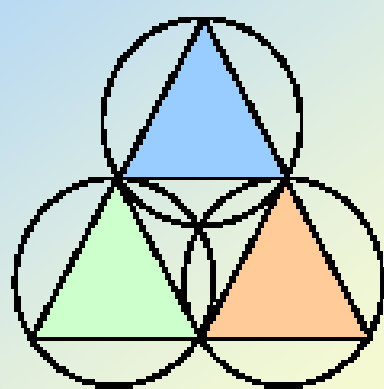
(1) 蜂窝小区的划分

- 小区划分就是把整个服务区域划分为若干个小小区。
- 每小区的半径可视用户的分布密度在1~10公里左右，
- 每个小区分别设置一个基站，负责本小区移动通信的联络和控制。
 - 每个基站可使用若干条无线频分、时分或码分信道，信道数决定了本小区内可以同时使用的用户数。
 - 如GSM中每个小区的用户在1000以上。

• 无线小区的模型（蜂窝的概念）：

◆ 由许多正六边形小区作为基本几何图形覆盖整个服务区，从而构成形状类似蜂窝的移动通信网，称为小区制蜂窝移动通信网。





小区形状	正三角形	正方形	正六边形
邻区距离	R	$\sqrt{2}r$	$\sqrt{3}r$
小区面积	$1.3 r^2$	$2 r^2$	$2.6 r^2$
交叠区宽度	r	$0.59 r$	$0.27 r$
交叠区面积	$1.2\pi r^2$	$0.73\pi r^2$	$0.35\pi r^2$

- 每小区的半径可视用户的分布密度在1~10公里左右，
 - 小区半径因网络容量、使用频率、地理环境不同而不同，决定小区覆盖半径的因素：
 - (1)地球曲率；
 - (2)地形影响
 - (3)多径反射
 - (4)移动台发射功率小，上行信号传输距离有限（上下行功率差可达6~12dB），出现手机在服务区内接收信号很强，却打不出电话的现象。

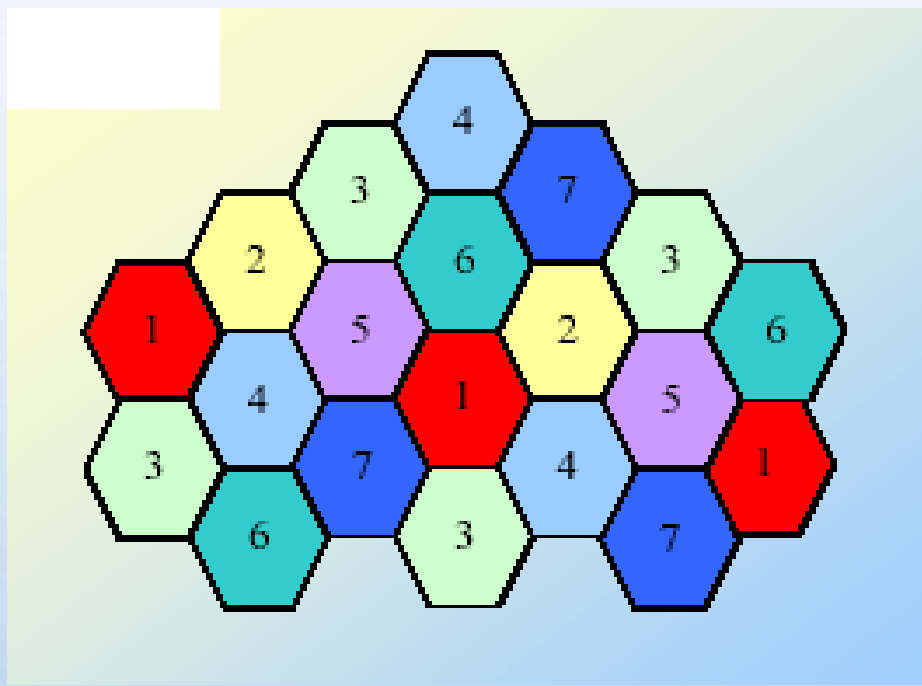
- (2) 频率复用（提高容量）
 - 划分小区的目的：间隔小区可频率再用（frequency reuse）
 - 利用超短波电波传播距离有限的特点，离开一定距离的小区可以重复使用频率，使频率资源可以充分利用。
 - 每一个小区分配一些频率资源，隔几个小区后，又把相同的频率划给另一个小区，但认为这时候他们之间的干扰比较小，可以忍受。
 - 频率复用：服务区分成若干个小小区后，相隔一定距离的小区可以同时使用相同的工作频率组，即在一个很大的服务区内，同一组波道频率可以多次重复使用，称为频率复用。

- 频率复用是蜂窝系统中的一个核心概念，蜂窝结构的价值是借助于频率复用实现的
- 频率复用间距越小，网络容量越大
- 可以大大缓解用户数猛增与频率资源有限的矛盾。

蜂窝状移动通信系统简介

----频率复用

- 研究同频干扰和同频小区间的距离是频率复用的依据。
- 同频小区间的距离取决于能容许的同频干扰。
- 同频干扰又取决于话音质量要求的信噪比（C/N）。



蜂窝状移动通信系统简介

——小区分裂

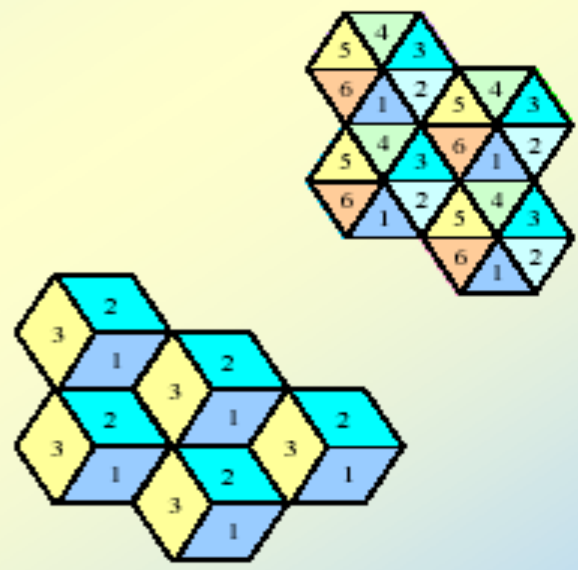
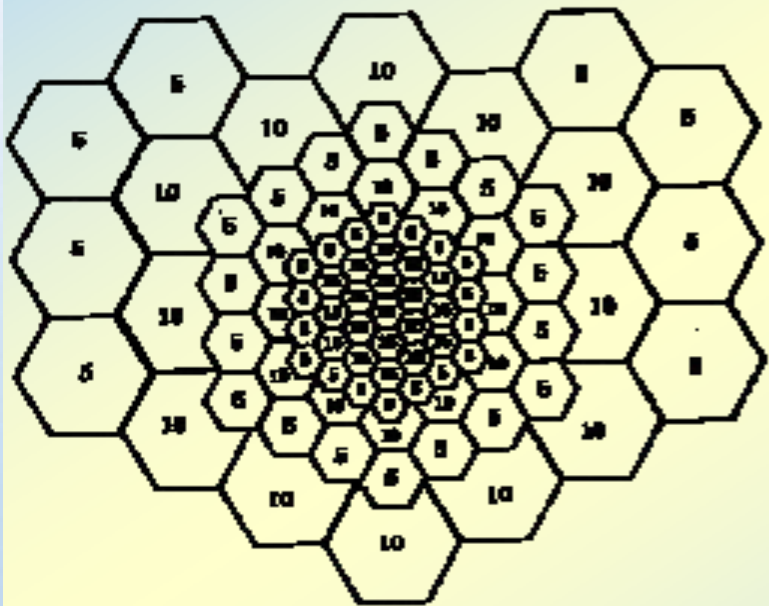
- (3) 小区分裂（提高容量）

- 小区分裂是频率复用外，提高蜂窝网容量及频谱效率的又一重要概念
- 由于提高了信道复用的次数，所以提高了容量。
- 原因：
 - 移动通信系统在初期设计时总是认为服务区各小区大小相同，用户密度均匀分布，各基站开设频道数也相等。
 - 实际上，随着用户数不断增大，服务区内各小区用户密度不再相等。
 - 例如，闹市区的用户密度大，话务量也较大。显然，初期设计方案已不符合用户不均匀分布的情况。

蜂窝状移动通信系统简介

----小区分裂

● 用户密度不等的小区结构



● 扇区化小区

蜂窝状移动通信系统简介

——移动通信中的多址技术

- (4) 移动通信中的多址技术（提高容量）
- 在移动通信中，许多用户同时通话，以不同的移动通信信道分隔，防止相互干扰的技术方式称为多址方式。
 - 频分多址(FDMA)
 - 时分多址(TDMA)
 - 码分多址(CDMA)

蜂窝状移动通信系统简介

——移动通信中的多址技术

- FDMA

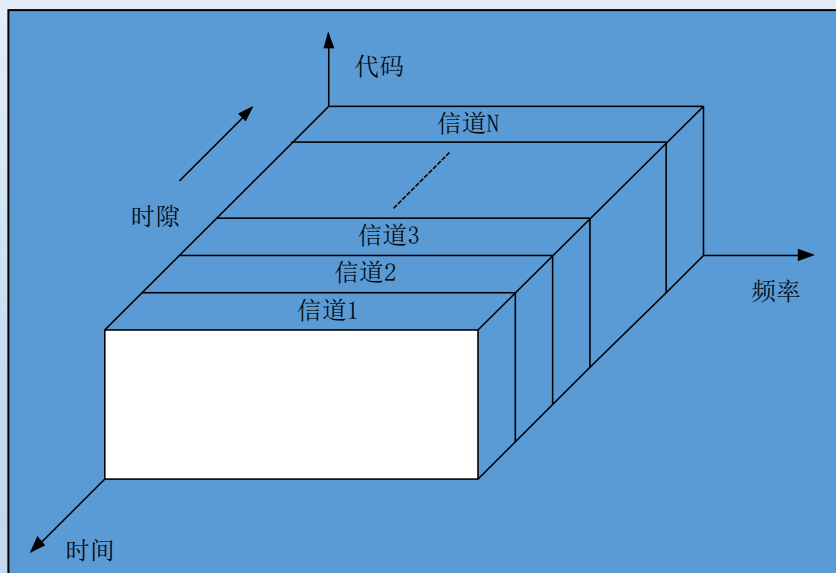
- 频分多址以频率来区分信道。
- 特点：使用简单，信号连续传输，满足模拟话音通信，技术成熟。
- 缺点：多频道信号互调干扰严重，频率利用率低，容量小。

蜂窝状移动通信系统简介

• TDMA

——移动通信中的多址技术

- 在一个无线频道上，按时间分割为若干个时隙，每个信道占用一个时隙，在规定的时隙内收发信号。
- 时分多址只传数字信息，信息需经压缩和缓冲存储的过程，在实际使用时常 **FDMA/TDMA**复分使用。



.
.
.
C1	C2	C3	C4	C5
B1	B2	B3	B4	B5
A1	A2	A3	A4	A5
H1	H2	H3	H4	H5
G1	G2	G3	G4	G5
F1	F2	F3	F4	F5
E1	E2	E3	E4	E5
D1	D2	D3	D4	D5
C1	C2	C3	C4	C5
B1	B2	B3	B4	B5
A1	A2	A3	A4	A5
f1	f2	f3	f4	f5

蜂窝状移动通信系统简介

——移动通信中的多址技术

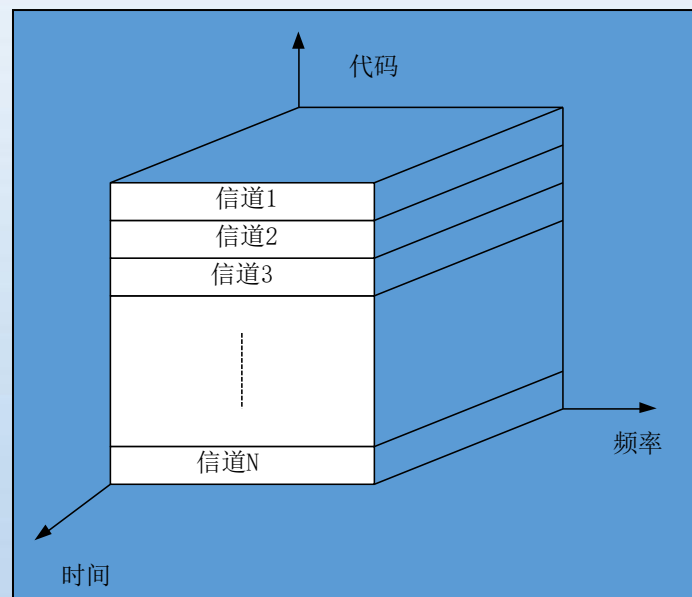
- CDMA

- 采用扩频通信技术，每个用户具有特定的地址码（相当于扩频中的**PN码**），利用地址码相互之间的正交性（或准正交性）完成信道分离的任务。

- CDMA在频率、时间、
空间上重叠。

- 优点：

- 系统容量大，实际使用中
比TDMA数字系统大4~6倍
比模拟FDMA系统的10倍
- 抗干扰、抗多径能力高。



蜂窝状移动通信系统简介

2.蜂窝移动通信系统中几个术语的解释

(1) 信道：

- 按功能分，信道的类型分为业务信道（TCH）和控制信道（CCH）
- 业务信道：用于传送编码话音及用户数据。
- 控制信道：用于传送基站与移动站之间的信令与同步数据。
 - 一般情况下，移动台对它所属系统的控制信道进行自动扫描后，停靠在信号最强的一条控制信道上守候等待寻呼，或发出主呼。
 - 在移动通信系统中，将整个覆盖区分成许多位置区，各移动交换局服务区有自己的位置识别码，通过区内各基站控制信道发出。

蜂窝状移动通信系统简介

(2)越区切换:

- 越区切换：当移动台在通话中经过两个基站覆盖区的相邻边界的时候，为了保持继续正常通话，不致中断，需要进行的信道切换过程，
- 相邻小区切换信道两种情况：
 - 信道频率不相同
 - 信道频率相同而地址码不同
- 两种切换方式：硬切换与软切换

蜂窝状移动通信系统简介

- 硬切换：指移动台在不同频道之间的切换，
 - 由MSC命令移动台从一个小区的无线频道转接到另一个小区的无线频道上。
 - 这种切换需要移动台先切断原来的收发频率，再搜索使用新的频道。
 - 硬切换会造成通话短暂中断，当切换时间较长时，将影响用户通话。

蜂窝状移动通信系统简介

- 软切换：
 - **指切换过程中，载波频率不发生变化，移动用户与原基站和新基站都保持着通信联系，可同时与两个（或多个）基站建立通话链路，当原服务基站的信号强度低于一门限值时，再切断与原服务基站的通信联系。而保持与新基站的通信链路。**
- 因此软切换没有通信中断现象。

蜂窝状移动通信系统简介

- 载频不同的两个基站间只能用硬切换，软切换只能在频率相同的基站间进行。
- 所以FDMA和TDMA系统只能使用硬切换，CDMA系统两种切换方式都可以采用。
 - 目前使用的GSM系统的越区切换方式为硬切换，CDMA系统则既有硬切换又有软切换。
 - 在CDMA系统中的不同扇区之间也可以实现软切换。

蜂窝状移动通信系统简介

- 切换的参考信号：
 - 多数移动通信系统用信号强度作为切换基准。移动台运动到当前小区的边界时，信号强度逐渐减弱且通话质量逐渐恶化，而相邻小区的信号强度逐渐增强，在通信质量恶化到无法使用前，通话应被切换到相邻小区。
 - 切换也可根据误码率大小来确定。
- 切换控制：移动局下达切换指令。
 - 移动局为GSM采用的方案：移动台持续监视各基站控制信道发来的信号，并将测量结果报告给旧基站，并转发给移动局，移动局根据测试结果决定何时进行越区切换以及切换到哪一个基站。

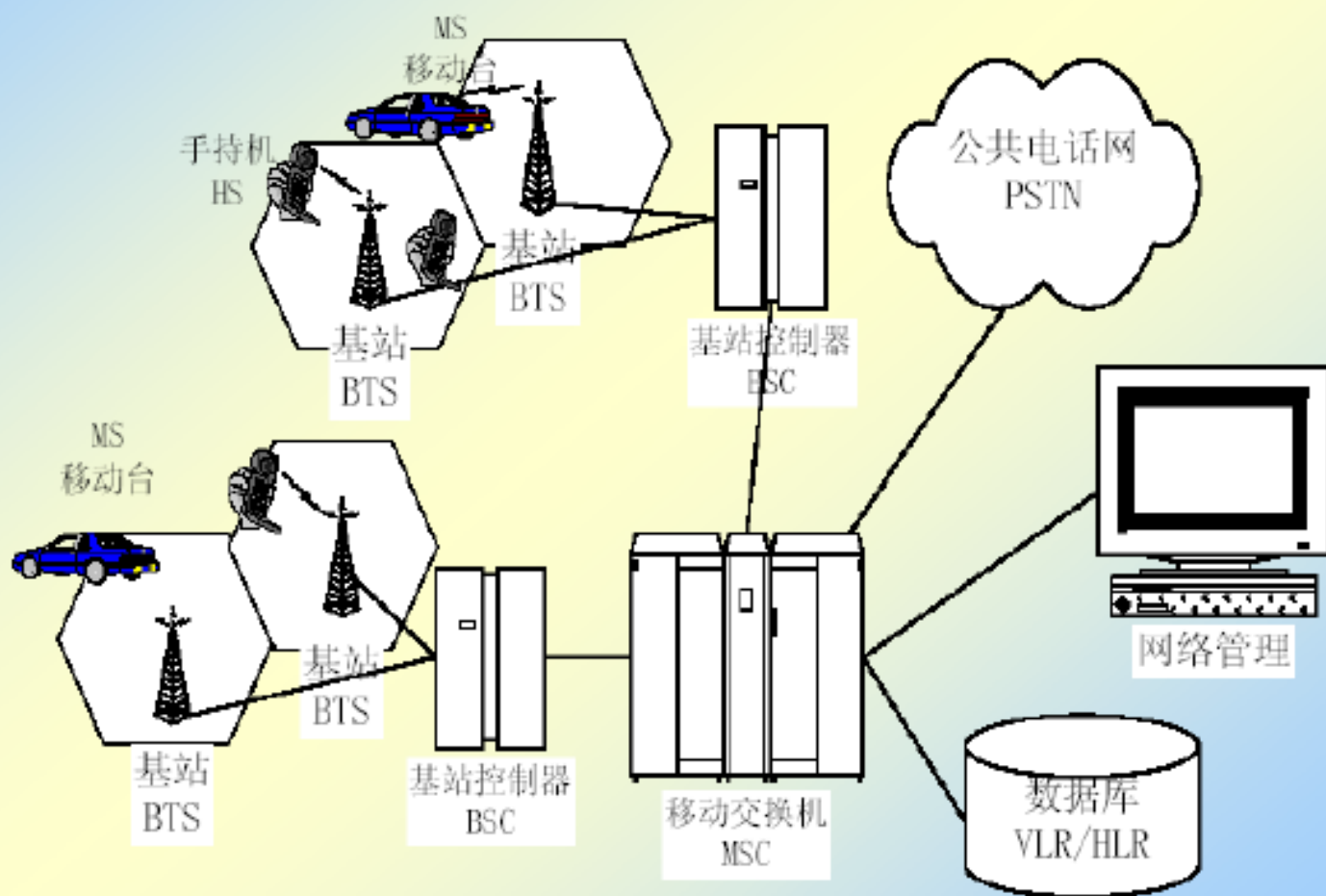
蜂窝状移动通信系统简介

(3) 位置登记

- 位置登记是指网络保持跟踪移动台实际所处的位置并存储位置信息。
 - 通常移动台的位置信息存储在称为**位置寄存器**的功能实体中（即存储在**HLR**和**VLR**中）。
 - 在现有的第二代数字移动通信系统中，位置管理采用两层数据库,即**原籍位置寄存器(HLR)**和**访问位置寄存器(VLR)**。
 - 即：设置**HLR**和**VLR**两个存储功能块，其中**HLR**是本地（归属）用户寄存器，存储本系统内注册的所用用户的信息，包括用户的有效性、预定的业务、记帐信息、**当前的位置**等；
 - **VLR**外来用户寄存器存储正在服务的用户信息。

蜂窝状移动通信系统简介

---以蜂窝移动通信系统为例



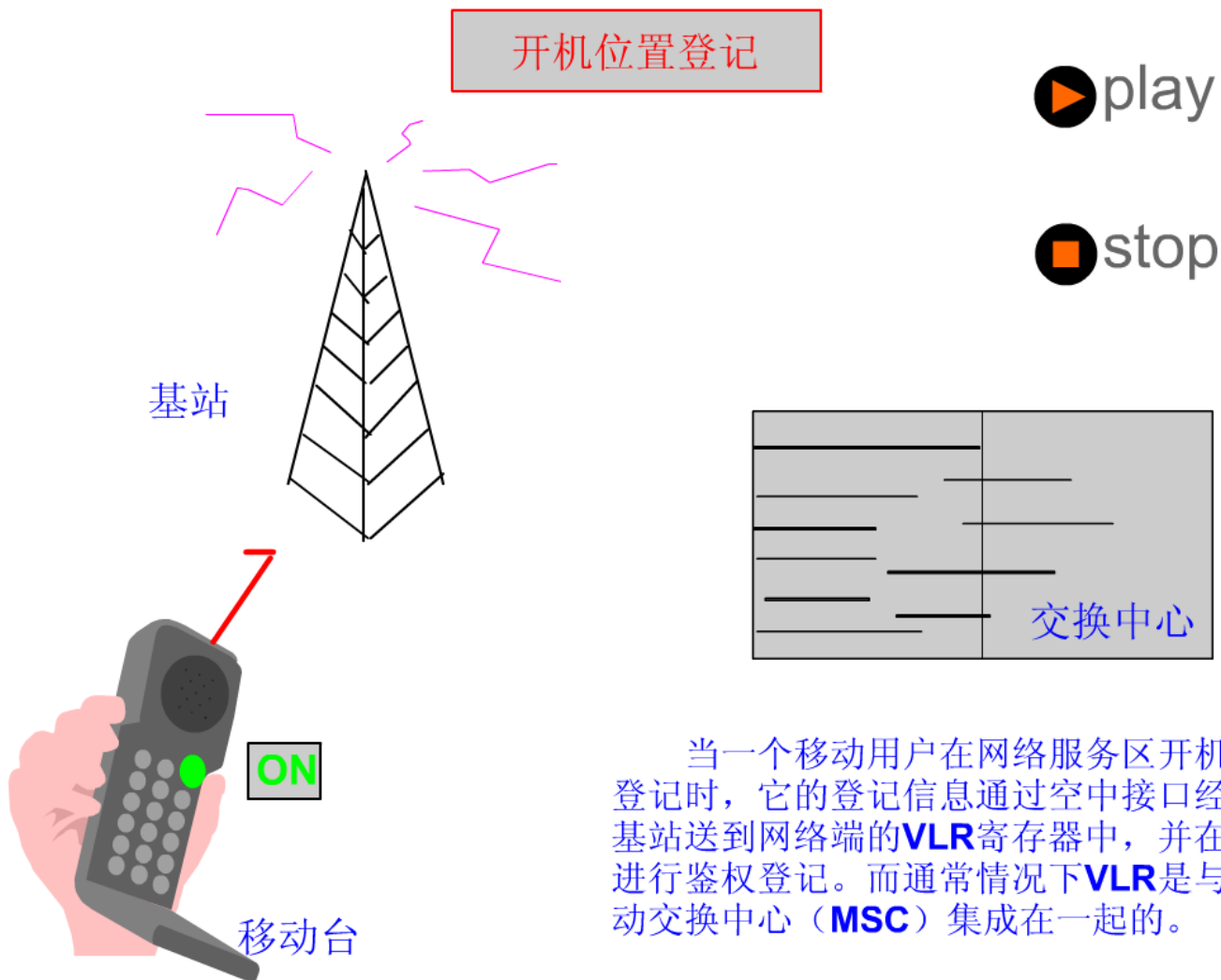
蜂窝状移动通信系统简介

- 位置登记主要包括下述过程：
 - 位置更新
 - 开机位置登记
 - 周期性位置更新（定时位置更新）
 - 越区位置更新
 - 位置删除
 - IMSI(国际移动用户识别码)分离/附着

蜂窝状移动通信系统简介

- **位置更新（请求位置登记）**：移动台在开机或移动过程中,若收到的位置区识别码与移动台存储的位置识别码不一致，则发出位置更新请求，通知网络需更新移动台的位置识别码。
 - 在移动通信系统中，将整个覆盖区分成许多位置区，各移动交换局服务区有自己的位置识别码，通过区内各**基站控制信道发出**。
 - 移动台开机后自动搜索各控制信道的信息，停留在信号最强的控制信道上。
 - 当由控制信道获得的位置区识别码与机内所存的不相符时，说明它已离开原服务区（**归属区**）漫游到新的服务区（称为**被访区或客区**），自动通过反向信道向基站发出信息，报告自己的电话号码及序号（身份识别号），即请求位置登记。

蜂窝状移动通信系统简介



当一个移动用户在网络服务区开机登记时，它的登记信息通过空中接口经基站送到网络端的**VLR**寄存器中，并在此进行鉴权登记。而通常情况下**VLR**是与移动交换中心（**MSC**）集成在一起的。

蜂窝状移动通信系统简介

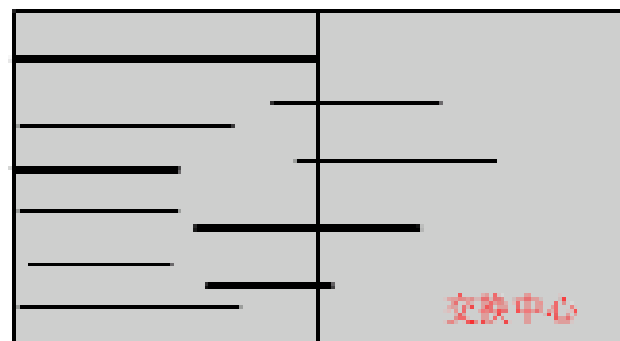
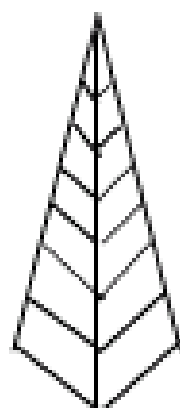
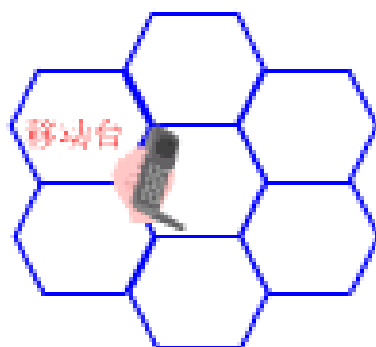
定时位置更新过程

▶ play

■ stop

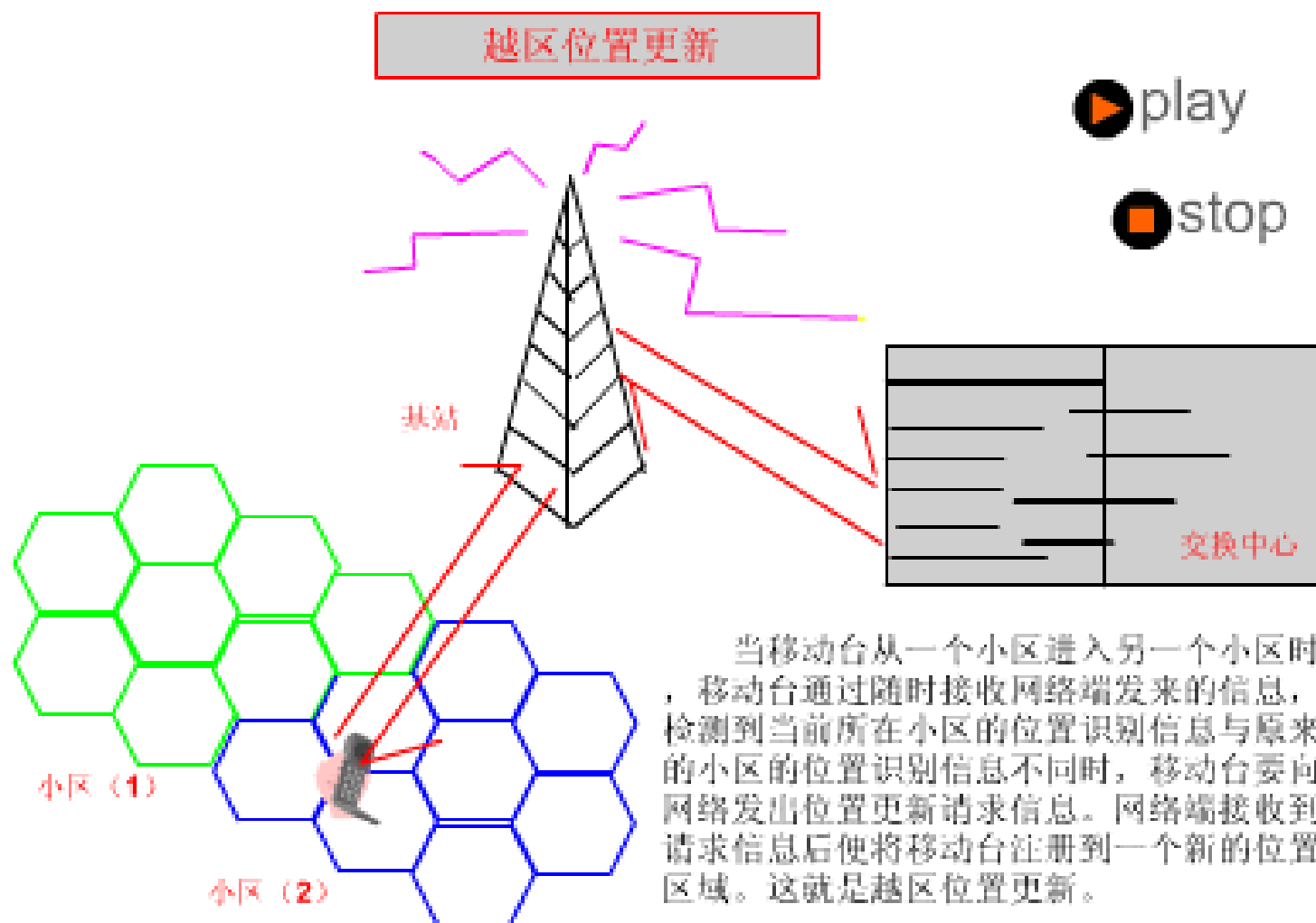
001 网络

基站



在特定时间内，当网络与移动台没有发生联系时，移动台会自动地、周期地（以网络在广播信道发给移动台的特定时间为周期）与网络取得联系，核对数据，使网络能随时知道**MS**所在的位置，以使网络可随时寻呼到移动台。

蜂窝状移动通信系统简介



当移动台从一个小区进入另一个小区时，移动台通过随时接收网络端发来的信息，检测到当前所在小区的位置识别信息与原来的小区的位置识别信息不同时，移动台要向网络发出位置更新请求信息。网络端接收到请求信息后将移动台注册到一个新的位置区域。这就是越区位置更新。

蜂窝状移动通信系统简介

- **IMSI分离/附着**：使移动台能通知网络,它们进入开机/关机或用户识别卡取出/插入状态
- **周期性位置更新**：处于等待状态且位置稳定的移动台，网络将以适当的时间间隔周期性地令其进行位置更新。
- **位置删除**：当移动台移动到一个新的位置区后,网络确认移动台在当前访问的**VLR**中重新登记后，将从原来的**VLR**中删除该移动台的相关信息。

蜂窝状移动通信系统简介

(4) 漫游:

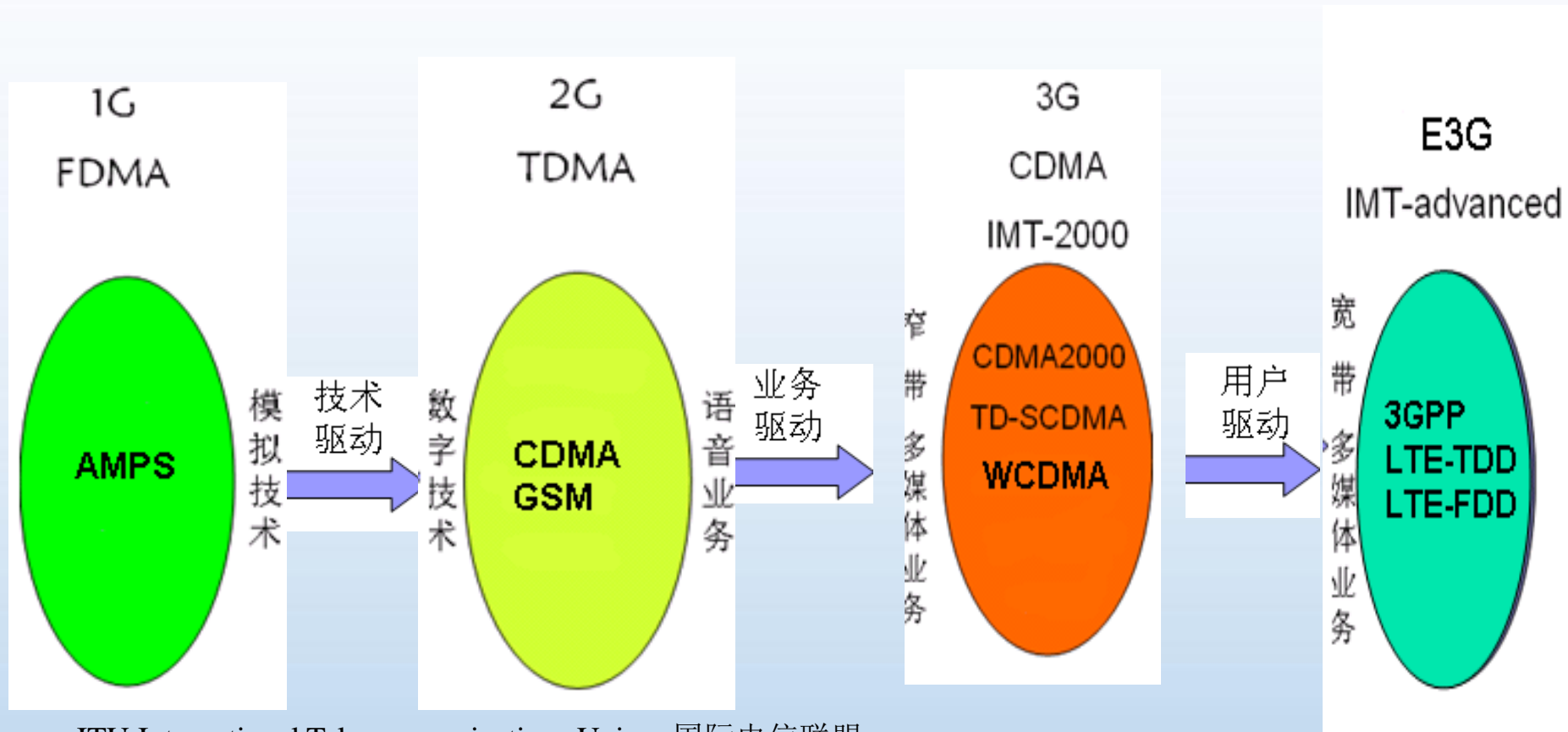
- 在联网的移动交换局之间，移动用户由归属交换局（MSC-H）控制区进入被访交换局（MSC-V）控制区以后，仍然能获得移动业务服务的网络功能即是漫游业务。
- **对用户，它的意义是：**
 - 移动台脱离了本管区的范围，而移动到其他管区中去了，当其他用户呼叫这个漫游的移动台的时候，仍拨它原来的局号和电话号码。

蜂窝状移动通信系统简介

- 呼叫漫游用户

- 当有用户呼叫某漫游移动台时，此呼叫将根据其电话号码的局号首先“叫”到归属区移动局，该局根据HLR库内地址查出该用户漫游的新地址，即将此呼叫通过局间链路转到该移动台所在的客区移动局，由该局处理这一呼叫。
- 总之，漫游用户登记过程就是在移动台的实时位置信息已知情况下，更新位置数据库（HLR和VLR）和认证移动台。然后在有呼叫给移动台的情况下，根据HLR和VLR中可用的位置信息来定位移动台。
- 这里需要解决的问题是移动台如何发现位置变化及何时报告它的当前位置以及如何有效地确定移动台当前处于哪一个小区。

移动通信网络的发展历程



ITU:International Telecommunications Union 国际电信联盟

IEEE:Institute of Electrical and Electronics Engineers 美国电气和电子工程师协会

IMT-2000:International Mobile Telecom System-2000 国际移动电话系统-2000

3GPP :The 3rd Generation Partnership Project 3G技术规范机构

(1G)

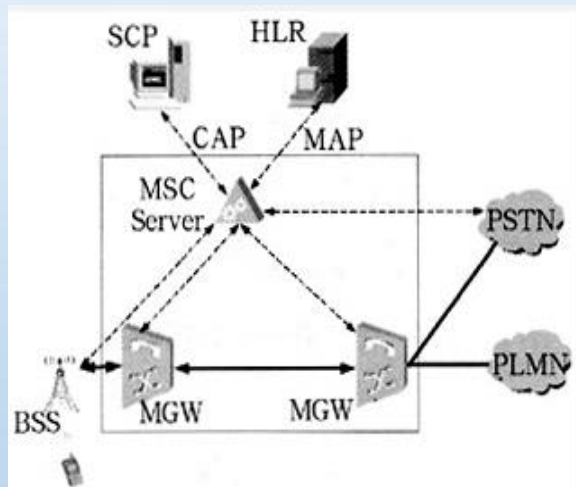
- 1G（第一代移动通信系统）
 - AMPS（Advanced Mobile Phone System）
高级移动电话系统
 - AMPS在无线传输中采用了频率调制FDMA
 - AMPS是第一代的蜂窝技术模拟通信系统



(2G)

- 2G（第二代移动通信系统）

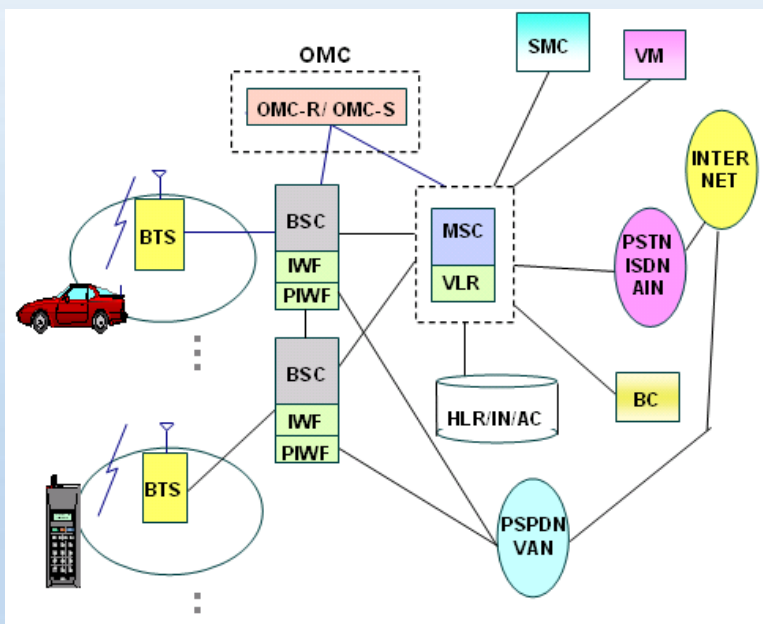
- TDMA（IS-95采用CDMA）
- 以GSM系统、IS-136和IS-95 CDMA为代表的数字蜂窝系统



(3G)

- 3G（第三代移动通信系统）

- 以WCDMA、CDMA2000与TD-SCDMA和它们的演进系统为代表的IMT-2000系统
- 理论下载速率WCDMA（7.2/14.4Mbps），
CDMA2000（3.1Mbps/单载波），TD-SCDMA（2.8Mbps/单载波）

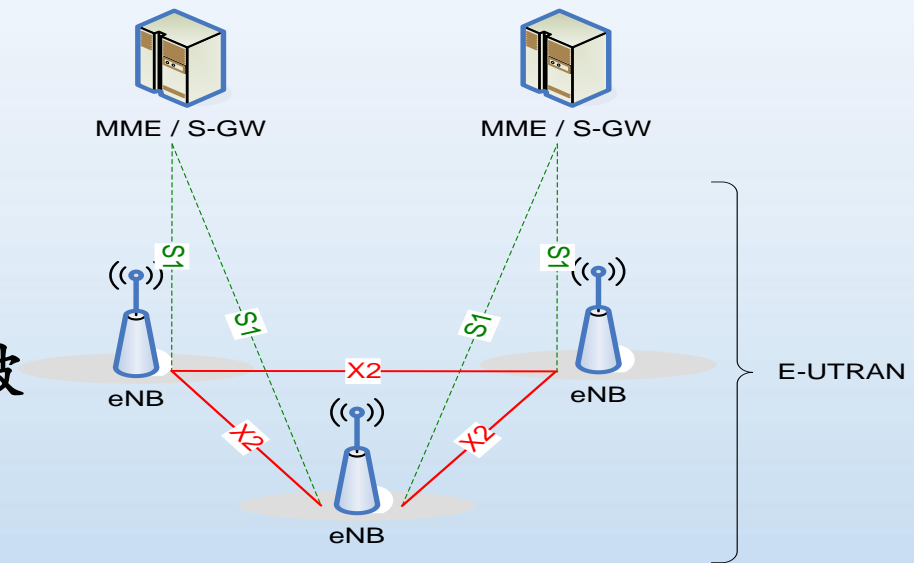


E3G (3.5G~3.9G)

LTE (Long Term Evolution, 长期演进) 项目是3G的演进, 始于2004年3GPP的多伦多会议。

主流技术LTE-FDD, LTE-TDD.

LTE也被通俗的称为3.9G, 改进并增强了3G的空中接入技术, 被视作从3G向4G演进的主流技术。在20MHz频谱带宽能够提供下行100Mbps、上行50Mbps的峰值速率



(4G)

4G

- 进一步提升系统性能
 - LTE-Advanced
 - 多频段层叠无线接入系统，**100mhz频谱带宽**。
 - 峰值速率：下行1Gbps，上行500Mbps
 - IEEE 802.16m是为用户站点和核心网络（如：公共电话网和Internet）提供通信路径而定义的WIMAX无线服务标准协议。



4G手机，确切的说4G终端，其本质不是把手机做大，而是把电脑做小。

1.全球通（GSM）系统简介

- 第二代移动通信是以GSM、窄带（N-CDMA）两大移动通信系统为代表的。
- 1. 全球通(GSM) 系统简介

- 1982年北欧四国向欧洲邮电行政大会CEPT提交建议书要求制定900MHz频段的欧洲公共电信业务规范在ETSI技术委员会下成立“移动特别小组(Group Special Mobile)”简称“GSM”来制定有关的标准和建议书
- 1986年在巴黎对提出的8个建议系统进行现场实验
- 1987.5GSM选定窄带TDMARPE-LTP话音编码和GMSK调制方式
- 1988年提出主要建议颁布GSM(泛欧数字蜂窝通信网)标准

1.全球通（GSM）系统简介

- 1990年完成了GSM900的规范不同建议书分组成为一套12系列
- 1991年在欧洲开通了第一个系统将GSM更名为“全球移动通信系统”(Global system for Mobile communications)同年移动特别小组还完成了1800MHz频段的移动电信业务规范名为DCSI800系统。
- 1992年大多数欧洲GSM运营者开始商用业务
- 1993年欧洲第一个DCSI800系统投入运营。

1.全球通（GSM）系统简介

- 主要特点：
- 具有开放的接口和通用的接口标准：GSM规范。
- 用户权利的保护和传输信息的加密
 - 通过GSM启用若干注册用户的特征号码来实现
 - 例如：IMSI、TMSI、IMEI、LAI等，用于鉴权，证实用户的入网权利。
 - 国际移动用户识别码（IMSI）
 - 临时移动用户识别码（TMSI）
 - 本地移动用户识别码(LMSI)
 - 国际移动设备识别码（IMEI）
- 移动台国际ISDN号码(MSISDN)
 - MSISDN是指主叫用户为呼叫GSM PLMN中的一个移动用户所需拨的号码。

1.全球通（GSM）系统简介

- 临时移动用户识别码（TMSI）：
 - 每个移动用户的IMSI与TMSI是对应的，只在VLR的管辖区内有效。在呼叫建立和位置更新时可使用TMSI。
- 国际移动设备识别码（IMEI）
 - IMEI唯一地识别一个移动设备，用于监控被窃或无效的移动设备。
 - TAC + FAC + SNR + SP（共15位）
 - 6 2 6 1
 - 国际移动台设备识别码
 - *#06#用于查询

1.全球通（GSM）系统简介

- 具有跨国漫游能力

- **GSM**系统中的注册用户获得一张**SIM**卡（用户卡）存储着认证用户身份特征、网络操作、安全保密等有关信息
- 移动台只有插入**SIM**卡才能进行网络操作。
- SIM卡代表用户，而不是手机
- SIM卡：用户侧一个最重要的数据库就是SIM（Subscriber Identity Module）卡。
- SIM卡中存有用于用户身份认证所需的信息，并能执行一些与安全保密有关的信息，以防止非法用户入网，另外，SIM卡还存储与网络和用户有关的管理数据。
- 用户不必携带终端设备而只需带着SIM卡进入其他有GSM网络覆盖的国家，租借终端设备，仍能达到用户号码不变、计费号码不变之目的。

1.全球通（GSM）系统简介

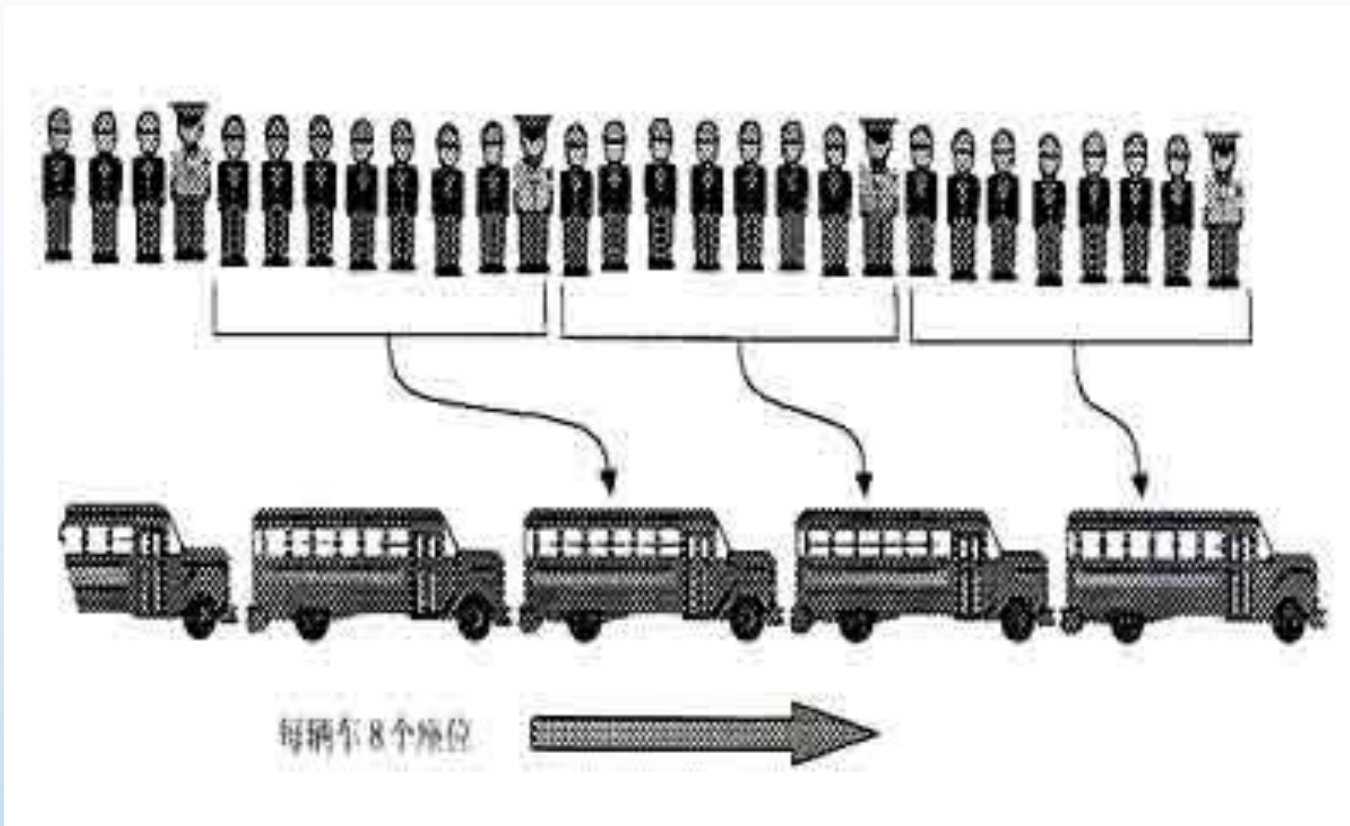
- 基本技术特征：
 - 采用TDMA/FDMA混合接入技术，容量比模拟增大3-5倍。
- FDMA的使用：
 - 上行链路（移动台到基站） 890MHz~915MHz
 - 下行链路（基站到移动台） 935 MHz~960MHz
 - 带宽：25MHz ，双工收发间隔：45MHZ，
 - 频道宽度：200kHz；
 - 各124个载频 $\times 200\text{KHz}=24.8\text{MHz}$

1.全球通（GSM）系统简介

• TDMA的使用

- GSM的一个载频上可提供8个物理信道。124个载频可提供992个信道。
 - 每个载频按时间分为8个时隙，每个时隙为一个信道。
 - 每帧含8个时隙，帧长4.615ms。
 - 时隙宽度为0.576ms，其中含156.25bit。相应的比特速率为 $156.25 / 0.576 = 271.267\text{kbps}$ 。
- 一个载频上可以同时有8个人在打手机：只要满足抽样定理即可

1.全球通（GSM）系统简介



- 一辆车相当于一个载频，8个人座，其中有一个是控制者（公用信道），其他是专用信道。

1.全球通（GSM）系统简介

- 调制方式：采用GMSK
- 信道传输速率：270.8kbps；
- 发射功率：
 - 基站：每载波500W，每时隙平均 $500 / 8 = 62.5\text{W}$ ；
 - 移动台：每载波（峰值）为2.5W，8W和20W。
- 信道容量：1000
- 区群小区数：4；
- 每小区信道数：250~333。

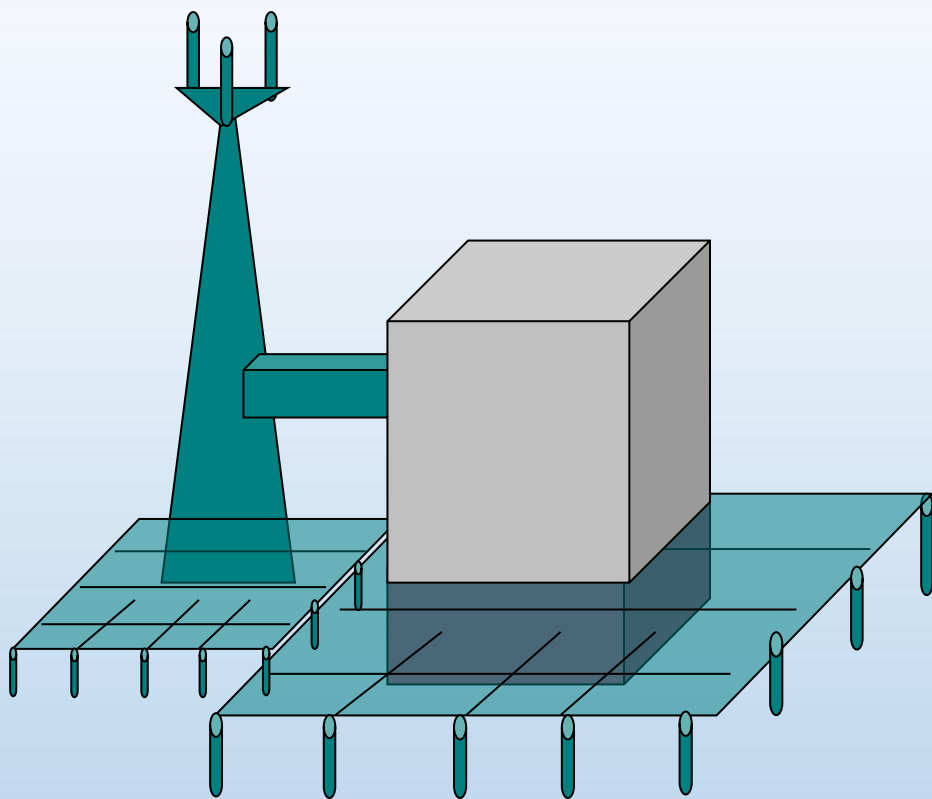
1.全球通（GSM）系统简介

- 越区切换：硬切换
- 小区半径：500m-35km
- 支持电信业务（电话、紧急呼叫、传真和短消息服务等）、承载业务（同步数据等）和补充业务（会议电话和计费通知等）
- 标准化程度高，可以与多种网络互通

1.全球通（GSM）系统简介

- 各用户在通信时所占用的**频道和时隙**是在呼叫建立阶段，由**网络动态分配**的。
- 各小区要在其分配的频道当中，指配一个专门的频道作为所有移动用户的**公用信道**，用于基站广播通用（控制）信息和移动台发送入网申请，其余频道用于各类业务信息的传输。移动台除去在指配的频道和时隙中发送和接收与自己有关的信息外，还可以在其他时隙检测信号强度，以判断何时需要进行越区切换和应该向哪一个基站进行切换。
- 为了提高通信系统的抗干扰能力和减少多径衰落对传输的影响，**GSM系统**可以在整个网络或部分网络使用**跳频技术**。这种跳频是按照预定的规律，每帧改变频率，但保持使用的时隙不改变。

GSM基站简介



- 基站控制器（BSC）是基站子系统（BSS）的控制部分，起着BSS的变换设备的作用，即各种接口的管理，承担无线资源和无线参数的管理。

GPRS的定义

- GPRS（通用分组无线业务）是GSM标准化组织制定的一套标准，以实现移动分组数据业务
- GPRS的实现是在GSM网络上增加分组数据服务设备，并对GSM无线网络设备进行升级，从而利用现有的GSM无线覆盖提供分组数据业务

2.GPRS系统概述

- 通用分组无线业务GPRS (General Packet Radio Service)。GPRS系统又被称为第2.5代移动通信系统。
- 在GSM系统的基础上构建GPRS系统时，GSM系统中的绝大部分部件都不需要作硬件改动，只需作软件升级。
 - GPRS的实现是在GSM网络上增加分组数据服务设备，并对GSM无线设备进行升级，从而利用现有的GSM无线覆盖提供分组数据业务。
- GPRS网络接入速度快，提供了与现有数据网的无缝连接
- 支持中、高速率数据传输，可提供9.05-171.2kbit/s的数据传输速率
- 可提供按时间、数据量、内容等灵活的计费方式，因而能够支持用户永远在线

GPRS和现有GSM网络对比

GPRS

GSM

t数据交换方式

分组交换

电路交换

t信道利用率

灵活分配, 利用率高

固定分配, 利用率低

t计费方式

主要基于
数据量

完全基于
连接时间

t连接方式

始终在线

需要连接

3. CDMA系统概述

- ❖ 90年代初，Qualcomm公司首次将CDMA技术引入民用通信领域；
- ❖ 1993年，第一个CDMA标准IS-95A发布；
- ❖ 1995年，香港开通第一个CDMA商用网
- ❖ 1997年，CDMA标准IS-95B发布；
- ❖ 2000年，CDMA2000-1X标准IS-2000 Release 0 、 Release A出台；
- ❖ 2000年，1X EV-DO、1X EV-DV等宽带CDMA技术纷纷出台；

3. CDMA系统概述

■ **CDMA ONE**标准系列：以**IS-95**标准为核心的系列标准总称，它包含**IS-95**、**IS-95A**、**TSB74**、**STD-008**、**IS-95B**等。

❖ **IS-95**是**CDMA ONE**系列标准中最先发布的标准

❖ **IS-95A**则是第一个商用化标准，它是**IS-95**的改进版本。

❖ **IS-95B**是1999年推出，可以把**IS-95A**的低速率**8kbps**（**9.6k**，**14.1k**）提升到从**64kbps**（**76.8kbps**，**115.2kbps**）

■ **cdma2000**标准系列：**cdma2000-1x**是**3GPP2**制定的第一个**3G CDMA**标准。可提供**144kbps**以上速率的电路或分组数据业务，而且增加了补充信道，可以对一个用户同时承载多个数据流信息

3.IS-95A CDMA系统概述

- 制式：CDMA码分多址
- 工作频段：800MHz
 - 上行：824~849
 - 下行：869~894
- 频道间隔：1.25MHz。
- 系统容量大，多址能力强 (软容量)
 - 理论上的CDMA系统如果各地址码完全正交，并且能够找到足够多的地址码，系统容量就能达到足够大。
 - CDMA采用多种手段使得多址干扰足够小
 - 据分析，实际IS-95 CDMA系统容量可以达到模拟系统的10倍，达到现有TDMA制式系统(如GSM)的2~3倍。

3.IS-95A CDMA系统概述

- 抗干扰能力强
 - **扩频通信**：使用较大的传输带宽，而消除多用户在一个频带中同时使用产生的干扰。扩频通信实际上就是通过牺牲带宽的方式来获取抗干扰的能力。

3.IS-95A CDMA系统概述

- 不易掉话：软切换
- 保密性好
 - CDMA系统具有天然的保密性。它采用的扩频地址码一般是长周期码，接收时，需接收方的本地相关码与扩频地址码同步，且两码必须完全相同，这就使得CDMA系统比一般系统安全，不易被窃听。另外，扩频通信在展宽频谱的同时，也降低了发射信号的功率谱密度，有利于信号的隐蔽。

3.IS-95A CDMA系统概述

- 电磁污染小（低发射功率）
 - CDMA信号在空中传播时，功率谱密度大大降低，这样造成的电磁污染小，对用户和其它电子设备的影响比较小。
- 组网方便、经济
 - 基站收发设备的重复建设少，组网比较方便。另外基站的覆盖面积比较大，在同一地区，CDMA的小区数比GSM少三分之一，成本下降了三分之一。

第三代移动通信系统

第三代移动通信系统(The 3rd Generation Communication System)，简称3G。是一种提供高质量综合业务的、宽带移动通信系统。

3G的特征

- 技术的更新
 - 一组新的无线通信技术的应用
- 通信的自由
 - 无论在什么地方、在任何时间都可以进行任何方式的通信
- 更高的传输速率
 - 提供高速的Internet接入服务
- 更高的频谱利用率

3G要求的数据能力

- 室内： 2Mbps
- 步行环境： 384kbps
- 车载环境： 144kbps (120km/h)

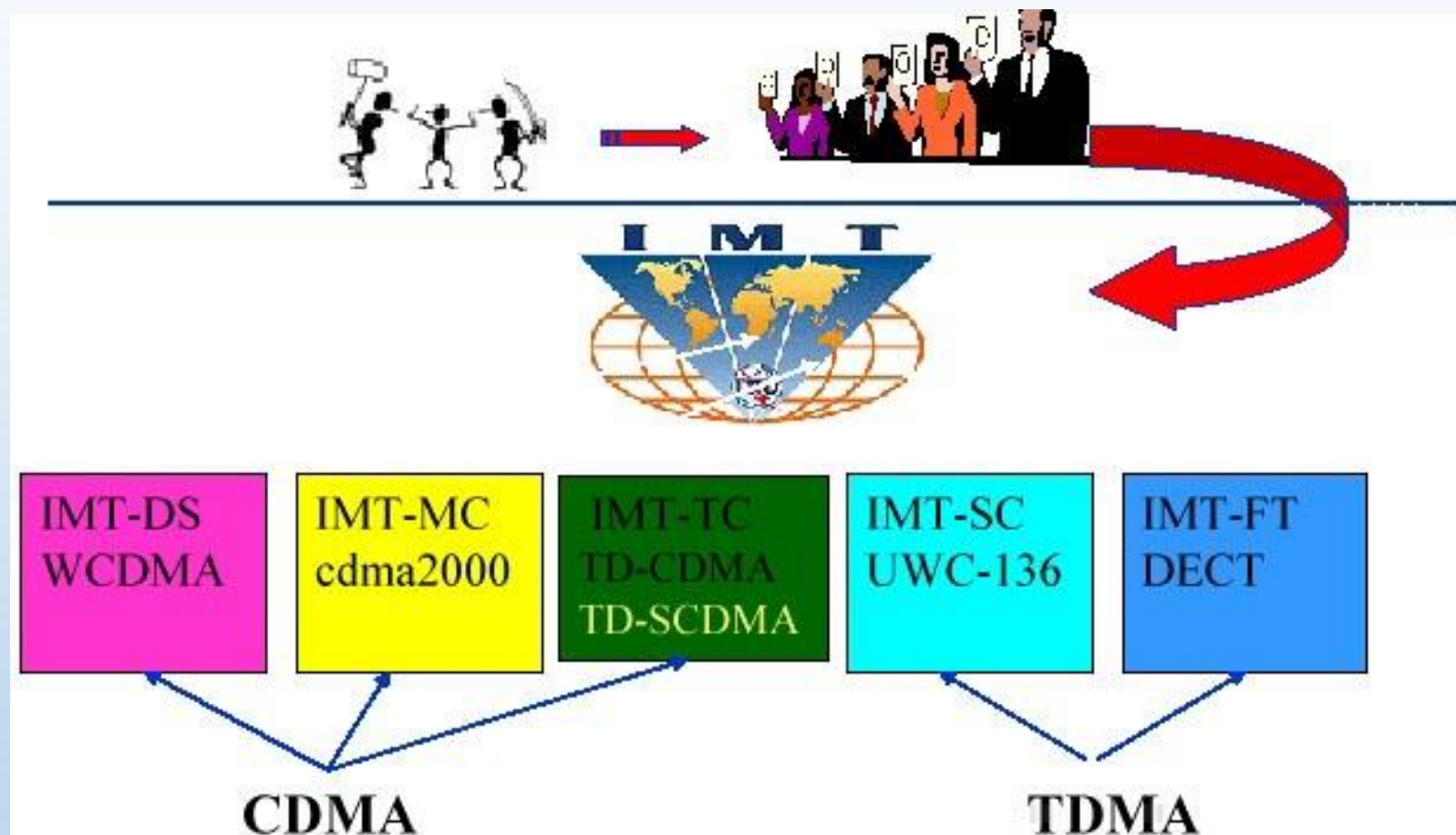
3G标准的产生

IMT2000

- ITU 指定 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) 引领 3G 系统的标准制定工作



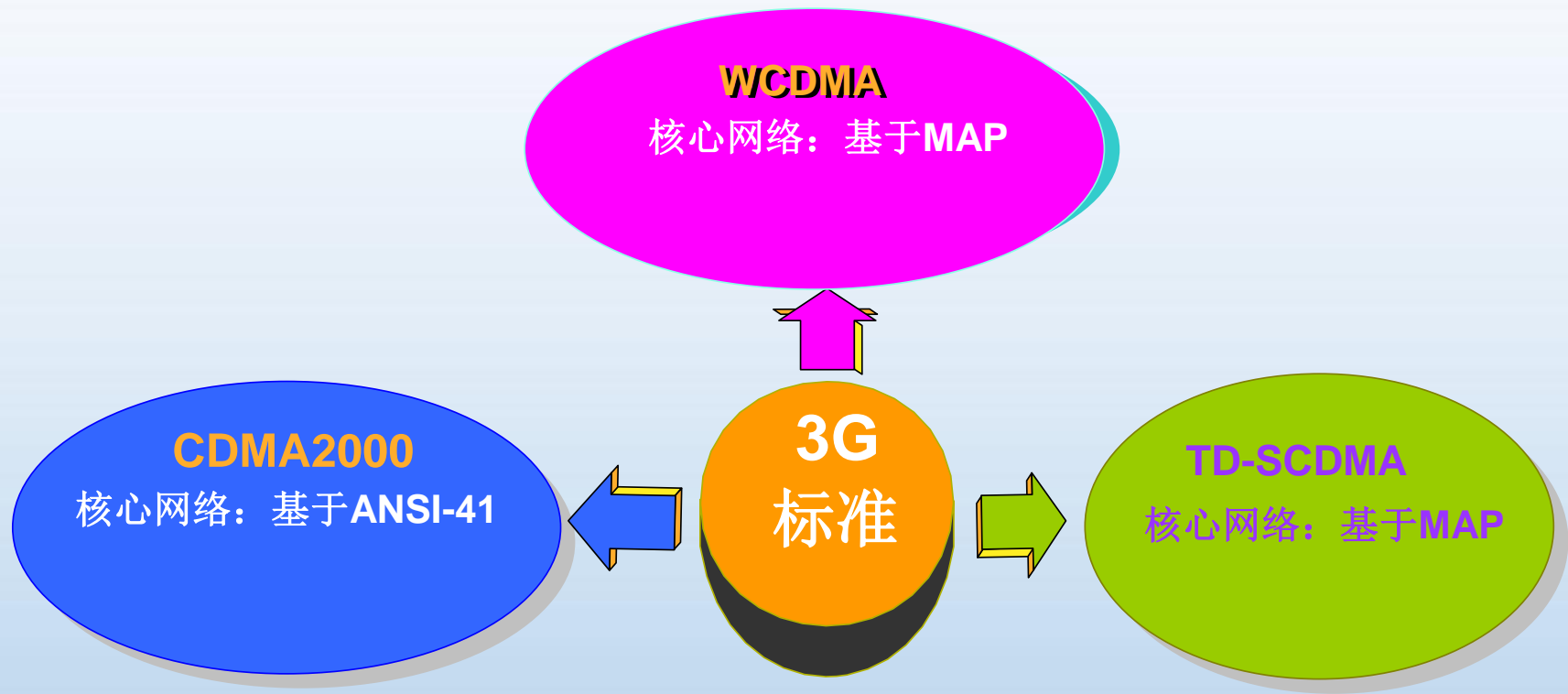
技术标准的战争



多种体制的由来

- ⑩ 第二代核心网的不同
- ⑩ 无线接口的兼容性问题
- ⑩ 频谱分配的作用
- ⑩ 知识产权和竞争
- ⑩ ITU的目标是：建立IMT-2000系统家族，求同存异，实现不同3G系统上的全球漫游

CDMA技术是3G的主流技术



三种技术的比较

• 相同点

- 均是以CDMA技术为核心;采用CDMA技术解决无线端口问题
- 3G标准在核心网中都采用分组交换方式

• 不同点

- 切换
- 功率控制
- 频率规划
- 双工方式
- 基站同步方式
- 信号带宽、码片速率
- 语音编码、信道编码
- 调制方式
- 核心网技术……

WCDMA协议版本的演进

- ◆ 继承**2G（GSM和GPRS）**所有的业务和功能
- ◆ 核心网分**CS（电路域）**和**PS（分组域）**
- ◆ 接入网引入**WCDMA UTRAN**
- ◆ 核心网和接入网之间的**lu**接口基于**ATM**

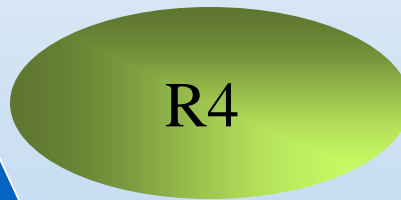
- ◆ 继承**WCDMA R99**所有的业务和功能
- ◆ 电路域结构的变化：**控制**和**承载**相分离，**MSC**可以用**合一或SERVER、MGW**分离结构实现
- ◆ 电路域引入**分组语音**，支持多种传输技术：**TDM, ATM, IP**

- ◆ 继承**WCDMA R4**所有的业务和功能
- ◆ 核心网增加**IM（IP多媒体域）**
- ◆ 接入网向**IP**方向发展
- ◆ 增强的**IP QoS**能力，支持端到端的**IP多媒体业务**



R99

2000



R4

2001



R5

2002

规范完成时间



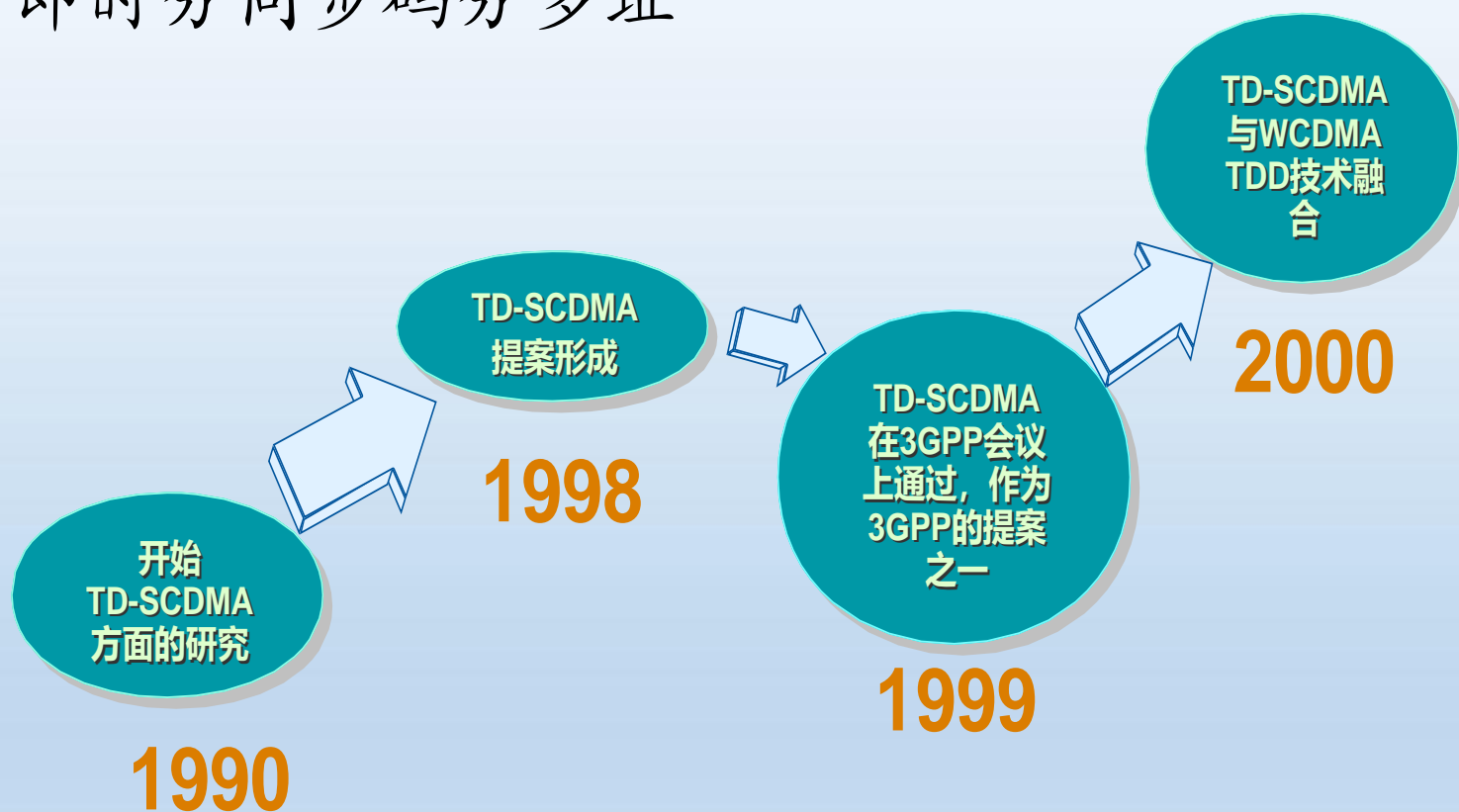
各标准的演进策略

- CDMA2000

- CDMA2000是由窄带CDMA(CDMA IS95)技术发展而来的宽带CDMA技术，由美国主推，
- 该标准提出了从CDMA IS95(2G)-CDMA20001x-CDMA20003x(3G)的演进策略。
 - CDMA20001x被称为2.5G移动通信技术。
 - CDMA20003x与CDMA20001x的主要区别在于应用了多路载波技术，通过采用三载波使带宽提高。

TD-SCDMA

- TD-SCDMA是Time Division Synchronous Code Division Multiple Access的缩写
即时分同步码分多址



三种主要3G制式比较

	WCDMA	cdma20001X	TD-SCDMA
信道间隔	5MHz	1.25MHz	1.6MHz
接入方式	单载波宽带直接序列扩频 cdma	单载波宽带直接序列扩频 cdma	TDMA+CDMA
双工方式	FDD	FDD	TDD
码片速率	3.84Mcps	1.2288Mcps	1.28Mcps
基站同步方式	异步(不需GPS) or 同步	同步(需GPS)	同步
帧长	10ms	20ms等	5ms子帧
调制方式	QPSK(前向), BPSK(后向)	QPSK(前向), BPSK(后向)	QPSK
切换	软切换, 频间切换, 与 GSM间的切换	软切换, 频间切换, 与IS- 95间的切换	硬切换或接力切换
语音编码	自适应多速率 (based on RF condition)	可变速率 (based on voice activity)	自适应多速率
功率控制	开环, 闭环(最高1500Hz), 外环	开环, 闭环(最高800Hz), 外环	开环, 闭环(最高200Hz), 外环

4G!

中文名：第四代移动通信及其技术

外文名：fourth Generation of mobile phone mobile communications standards

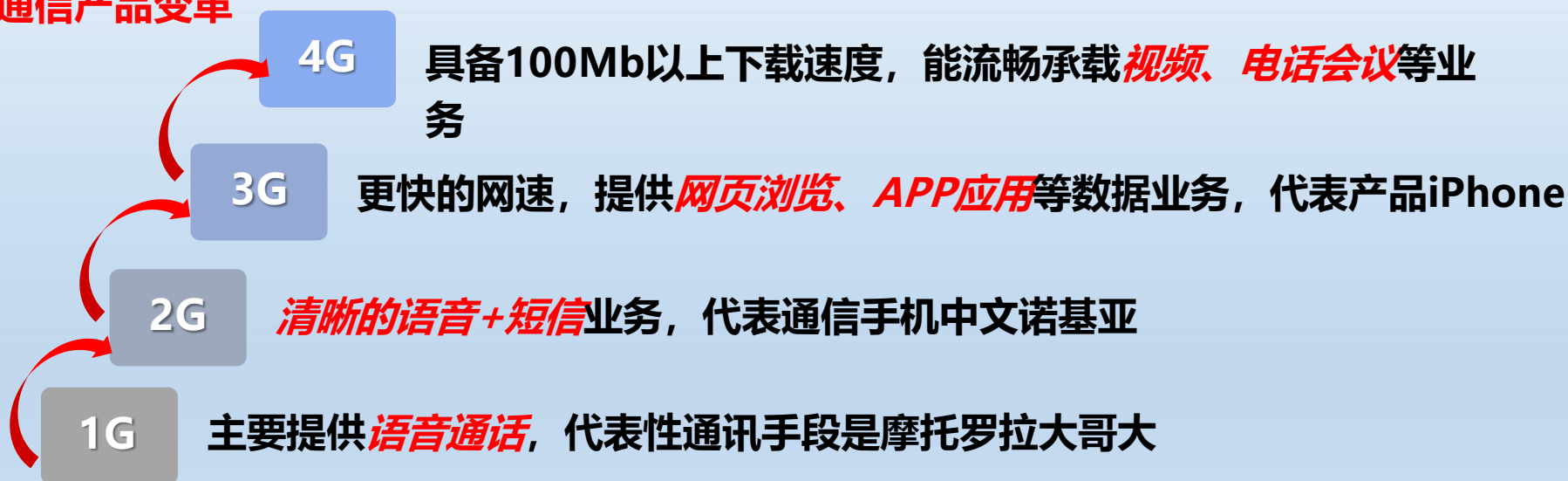
2012年1月18日下午5时，国际电信联盟在2012年无线电通信全会全体会议上，正式审议通过将LTE-Advanced和WirelessMAN-Advanced (802.16m) 技术规范确立为IMT-Advanced (俗称“4G”) 国际标准。TD-LTE-Advanced和FDD-LTE-Advanced同时并列成为4G国际标准。

2013年12月4日下午，工业和信息化部（以下简称“工信部”）向中国联通、中国电信、中国移动正式发放了第四代移动通信业务牌照（即4G牌照），中国移动、中国电信、中国联通三家均获得TD-LTE牌照，此举标志着中国电信产业正式进入了4G时代。



4G是第四代移动通信及其技术的简称，4G通常被用来描述相对于3G的下一代通信网络，但很少有人明确4G的含义，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，国际电信联盟（ITU）重新定义了4G的标准——符合100m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。

通信产品变革



4G技术支持**100Mbps~150Mbps**的下行网络带宽，也就是**4G**意味着用户可以体验到最大**12.5MB/s~18.75MB/s**的下行速度。这是当前国内主流**中国移动3G(TD-SCDMA)**2.8Mbps的35倍，**中国联通3G(WCDMA)** 7.2Mbps的14倍。

乡间小路



高速公路



4车道高速公路



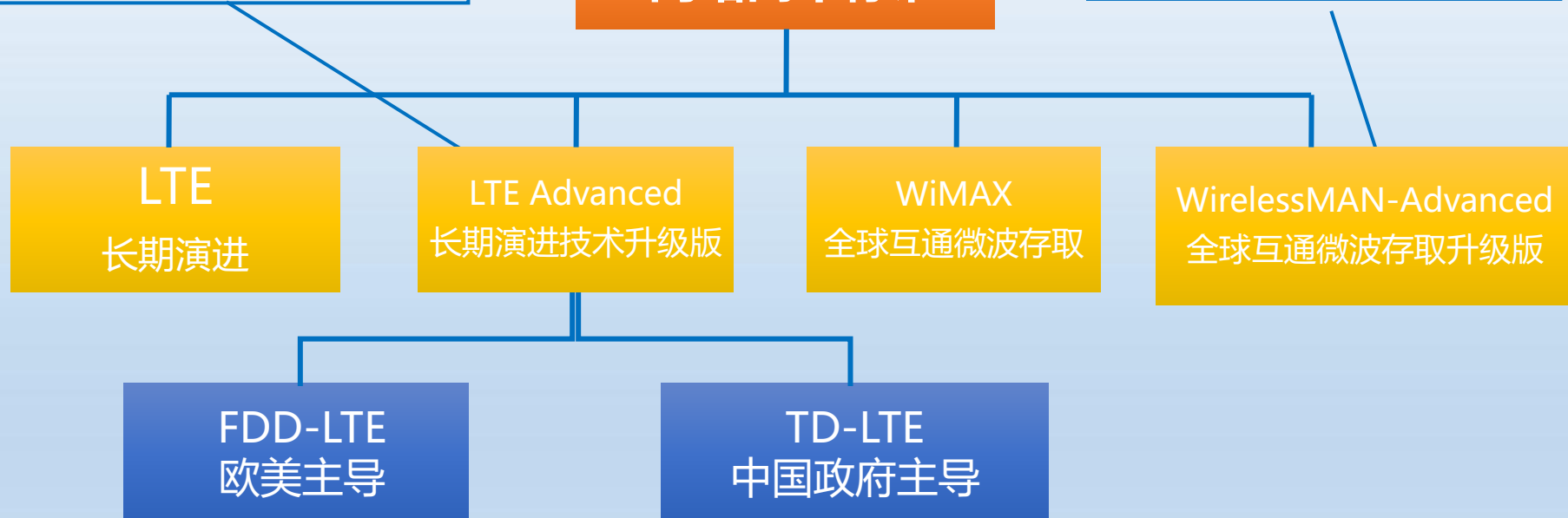
第一代	2G	3G	4G
模拟式	数位式移动通信系统	第三代移动通信系统	第四代移动通信系统
仅提供语音服务	传输速率只有9.6Kbps，最高可达32Kbps	数据传输速率可达到2Mbps	传输速率可达到20Mbps，甚至最高可以达到高达100Mbps

目前国际4G标准

是LTE的增强，完全向后兼容LTE，通过软件升级即可，峰值速率：**下行1Gbps，上行500Mbps**。是第一批被国际电信联盟承认的4G标准，也是事实上的**唯一主流4G标准**。

是WiMAX的增强，由美国Intel主导，接收下行与上行最高速率达300Mbps，静止定点接收可高达1Gbps。是国际电信联盟承认的4G标准。随着Intel退出，WiMAX技术也**逐渐被运营商放弃**。

4G网络两个标准：



4G标准之LTE

LTE-长期演进

GSM-->GPRS-->EDGE-->WCDMA-->HSDPA/HSUPA-->HSDPA+/HSUPA+-->FDD-LTE

优势:

- 下行峰值速率为100Mbps、上行为50Mbps
- 强调向下兼容，支持已有的3G系统和非3GPP规范系统的协同运作

劣势:

- LTE终端设备有耗电大的缺点。

涉及技术:

- 基于TDD的双工技术、OFDM(正交频分复用技术)、基于MIMO/SA的多天线技术

4G标准之LTE-Advanced

LTE-Advanced

GSM-->GPRS-->EDGE-->WCDMA-->HSDPA/HSUPA-->HSDPA+/HSUPA+-->FDD-LTE

优势:

- 峰值速率：下行1Gbps，上行500Mbps 。
- 后向兼容的技术，完全兼容LTE，是演进而不是革命。

劣势:

- 密集部署、重叠覆盖会造成很复杂的干扰。

涉及技术:

- 基于TDD的双工技术、OFDM(正交频分复用技术)、基于MIMO/SA的多天线技术

无线蜂窝制式的演进

无线蜂窝制式	GSM	GPRS	EDGE	WCDMA	HSPA	HSPA+	TDD-LTE	FDD-LTE
中文名称	全球移动通信系统	通用分组无线服务技术	增强型数据速率	宽带码分多址	高速分组接入	增强型高速分组接入	时分长期演进	频分长期演进
下行速率	9.6K/s	56到114Kbps	236kbps, 可以达到384kbps	7.2Mbps	14.4Mbps	21Mbps/28Mbps	100Mbps	150Mbps
上行速率			118kbps	118kbps	5.76Mbps	5.76Mbps	50Mbps	40Mbps

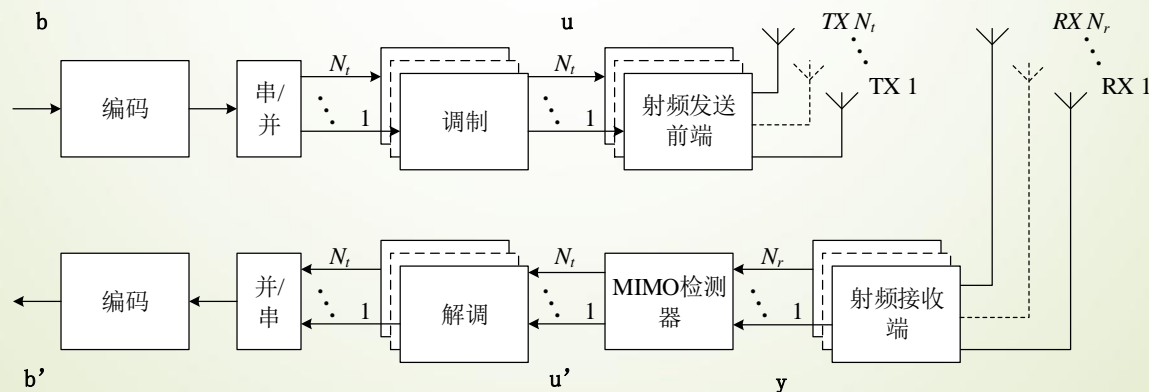
3G速率对比

对比	CDMA 2000	TD-SCDMA	WCDMA	WCDMA
	(EVDO RA)	(HSPA)	(HSPA+)	双载波
下行速率	3.1Mbps	2.8Mbps	21Mbps/28Mbps	42Mbps
上行速率	1.8Mbps	2.2Mbps	5.76Mbps	5.76Mbps

4G技术需求

MIMO

- 原理： MIMO的多入多出是针对多径无线信道来说的，MIMO系统在发射端和接收端均采用多天线(或阵列天线)和多通道。下图为MIMO系统的原理图，传输信息流 b 经过空时编码形成 N_t 个信息子流，这 N_t 个子流由 N_t 个发射天线（TX1到TX N_t ）发射，经空间信道后由 N_r 个接收天线接收。多天线接收机利用空时编码处理能够分开并解码这些数据子流，得到接收数据流 b' ，从而实现最佳的处理。



MIMO系统原理

4G技术需求

——MIMO

- **MIMO系统的信道容量：**如果用于描述具有 N_t 发射天线与 N_r 接收天线的无线链路的信道矩阵的元素是完全独立衰落的，则该系统的容量随最小天线数目线性增长，即

$$C = \log_2 \left[\det \left(\mathbf{I}_M + \frac{\rho}{N} \mathbf{H} \mathbf{H}^H \right) \right] \text{bit/s/H}_Z$$

- 当天线数目较多时，平均容量为

$$C \approx \min(N_t, N_r) \cdot \log_2(1 + \rho) \text{bit/s/H}_Z$$

- C是香农信道容量， ρ 是各接收天线的信噪比， \mathbf{H} 表示复共轭转置， \mathbf{H} 是 $N_r \times N_t$ 信道矩阵。
- 可以看出，信道容量随着天线数量的增加而线性增大。也就是说可以利用MIMO信道成倍地提高无线信道容量，在不增加带宽和天线发送功率的情况下，频谱利用率可以成倍地提高，同时也可以提高信道的可靠性，降低误码率。因此MIMO对于提高无线通信系统的容量具有极大的潜力。

4G技术需求

——MIMO

- **关键技术：** 空分复用和空间分集
- **空分复用：** 用不同天线发的数据流个数大于或等于2，即同时有多个数据流传送，主要获得复用增益，提高数据速率和频谱效率。
- 空分复用可分为水平分层空时码(H-BLAST)，垂直分层空时码(V-BLAST)，对角分层空时码(D-BLAST)。
- **空间分集：** 不同天线发送同一个数据流，只通过编码，不同端口发送的数据的相位等信息不一样，但本质是同一个数据流，主要是为了获得分集增益，降低误码率，提高传输可靠性。
- 空间分集主要包括空时分组码(STBC)和空时网格码(STTC)。

4G技术需求

——MIMO

■ 评价

- MIMO 中包含的技术可同时存在并相互配合应用，如既包含空间复用又有空间分集技术。
- 允许多个天线同时发送和接收多个空间流并能区分不同空间方位的信号。
- 充分开发空间资源，增加了无线系统的覆盖范围，提升信道容量并提高信道的可靠性。
- **信道容量：**理论上功率和带宽固定时，MIMO系统的最大容量随发送和接收最小天线数的增加而线性增加。在不增加带宽和天线发送功率情况下，频谱利用率可以成倍地提高。同样的条件下仅在接收端或发射端实现多天线或天线阵列，其容量仅正比于天线数的对数。因此，MIMO技术对于提高系统容量具有极大潜力。
- **可靠性与有效性：**MIMO可同时实现发送分集和接收分集，同时获得分集增益和复用增益，通过分集技术获取空间分集以提高信息传输的可靠性；利用不同天线间的空间信道，采用空间复用技术同时传输多个数据流来获取空间复用增益以增加信息传输的有效性。

4G技术需求

——OFDM

➤ OFDM技术实现多载波调制

将宽带信道分成若干并行窄正交子信道，使每个子信道的带宽小于信道的相干带宽，从而每个子信道所经历的衰落近似是平坦衰落，有利于消除码间串扰。同时由于子信道带宽仅是信道带宽的一小部分，因此信道均衡变得相对容易。OFDM技术将高速数据信号转换成并行的低速子数据流，调制到在每个子信道上并行传输。正交信号在接收端采用相关技术进行分别解调，减少了子信道之间的相互干扰。

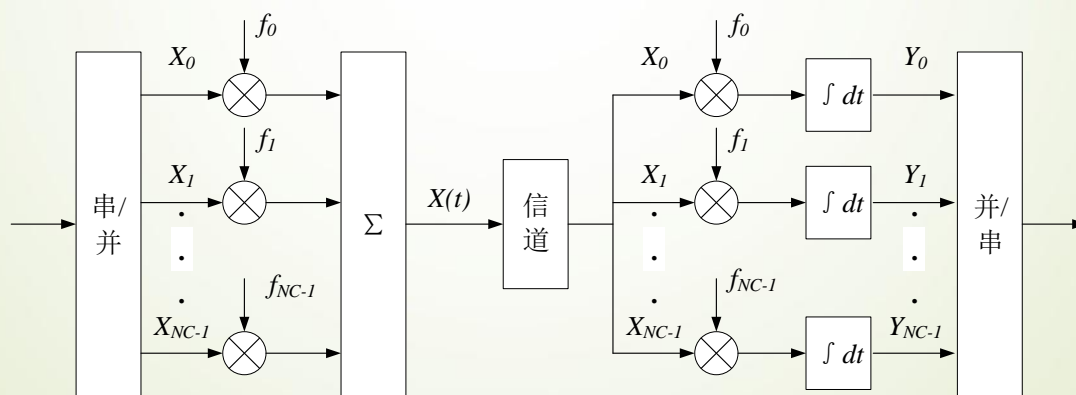
➤ 包含以下类型：V-OFDM, W-OFDM, F-OFDM, MIMO-OFDM, 多带-OFDM。

4G技术需求

——OFDM

➡ 原理

OFDM技术的基本原理是将高速的数据流通过串并变换，分配到传输速率相对较低的若干子载波上进行传输，各个子载波相互正交，接收机可依靠正交性来解调信号。系统的基本模型如下图所示，其中 f_i 表示第 i 个子载波的载波频率。



OFDM基带调制解调原理

4G技术需求

——OFDM

➡ 原理

一个OFDM符号内包括多个子载波，一个符号可以表示为

$$x(k) = \sum_{i=0}^{N_c-1} X(i) e^{j2\pi ik/N}$$

其中， $X(i)$ 为调制前的并行数据符号， N_c 为子载波个数，也就是OFDM符号长度。从上式可知，OFDM调制可以使用IDFT实现，因此，可以在接收端利用DFT实现解调。使用FFT/IFFT则是更快速的方法。

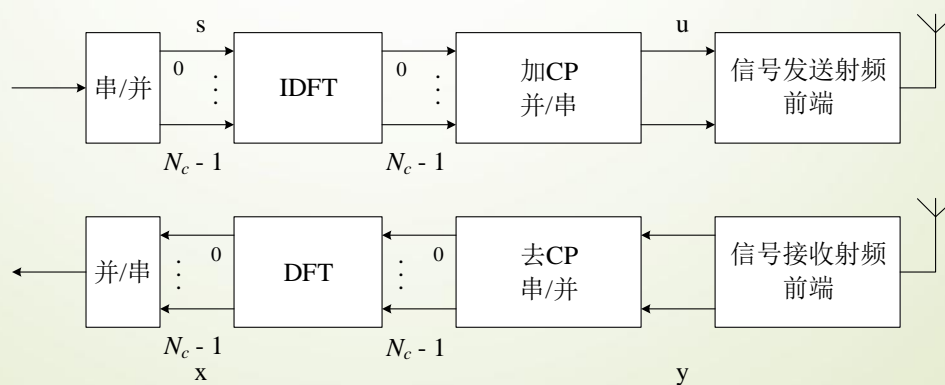
4G技术需求

——OFDM

➡ 原理

首先对输入比特流进行基带处理，复信号串并转换后进行DFT变换将这 $N_c \times 1$ 个信号矢量 \mathbf{s} 转变到时域。随后 N_g 个采样点的CP被加到信号上，得到了 $N_s \times 1$ 的发送端的基带矢量 \mathbf{u} ，将信号转换到模拟域与并且上变频到 f_c ，最后通过无线多径信道进行传输。

接收信号通过接收端的射频前端被下变频到基带，得到了 $N_s \times 1$ 的矢量 \mathbf{y} ，模数转换(ADC)后进入基带处理部分。该处理过程移去CP，相当于去掉了ISI的影响。这时DFT处理将信号分离到不同的子载波上得到 $N_c \times 1$ 的矢量 \mathbf{x} ，接下来的并串转换过程即将剩下的数据进行处理。



OFDM系统框图

4G技术需求

——OFDM

➡ 原理

图1展示了三个OFDM子载波的频谱示意。很明显可以看出，载波的分离无法用带通滤波器来完成。因此，需要应用基带处理的方法，即利用子载波的正交属性。从图2中可以很明显可以看出这一属性，也即在某一个子载波的最大幅值处，其它子载波的幅度都为0。

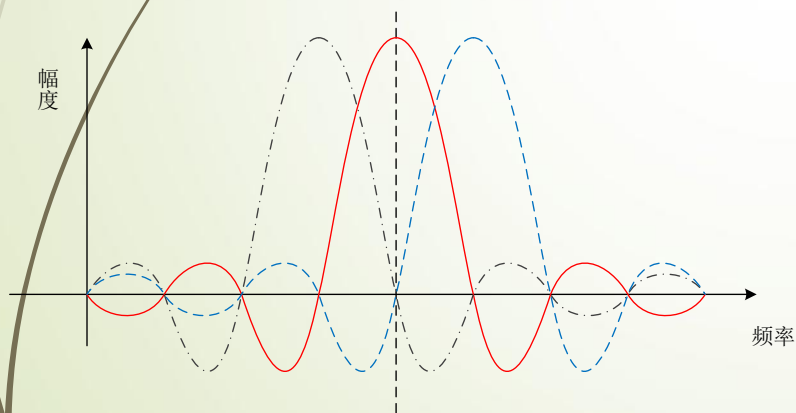


图1 三个子载波的OFDM子载波信号的形成

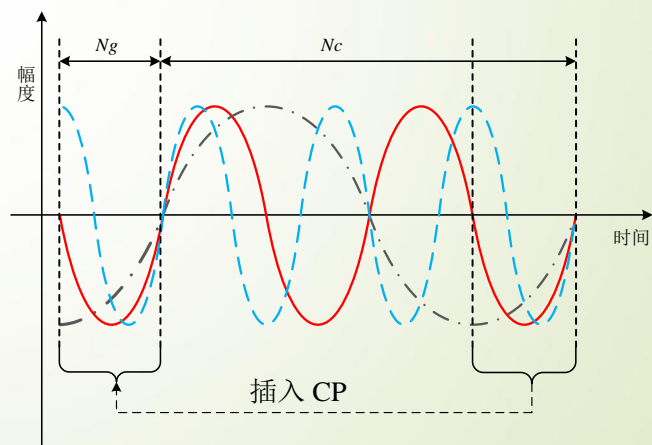


图2 时域信号OFDM添加循环前缀(CP)

4G技术需求

——OFDM

■ 评价

由于OFDM信号的表达式形式如同逆离散傅里叶变换(IDFT)，因此可以利用IDFT和DFT进行OFDM调制和解调。而由于DFT运算的复杂度为 N^2 ，极大限制了OFDM的运用。基于2的快速傅里叶算法(FFT)，能够将傅里叶变换的复杂度降低到 $(N/2) \log_2 N$ ，极大地降低了运算复杂度。得益于快速傅里叶变换芯片的发展，OFDM系统才能迅速推广。

- **调制技术：**引入了“自适应调制”概念，按各路子载波所处的频段的信道特性采用不同的调制方式，且随着信道特性而改变，具有极大灵活性。如在信道好的情况下可以采用高阶调制如64QAM，在信道情况变差时采用低阶调制如BPSK，这样能在频谱利用率和信噪比之间取得最佳平衡。
- **抗窄带干扰能力：**OFDM系统与生俱来的频率分集特性，能够规避窄带干扰部分的频段，或使用低阶调制和采用前向纠错码等手段来解决。
- **抗多径干扰能力：**将单路高速串行数据流转变为多路低速并行数据流，使码元周期变长，从而削弱了多径干扰的影响。此外还采用了循环前缀(CP)作为码间保护间隔，进一步减少甚至消除了码间干扰，并保证了各路子载波间的正交性，大大减少了子载波间干扰。但加入的CP增加了系统开销，降低了数据的传输效率，CP长度越长，传输效率越低。

4G技术需求

——OFDM

■ 评价


- **频谱效率高：**允许子载波间频谱相互重叠，拥有很高的频谱效率，理论上可以接近奈奎斯特极限。同时在OFDM符号积分周期内各个子载波相互正交，有效地避免用户间干扰，因此具有很高的系统容量。
- **带宽扩展性强：**通过改变使用的子载波数目，能灵活的改变系统带宽。通过载波聚合技术，包括连续和非连续载波聚合，能够将系统带宽增加到100M。
- **资源分配颗粒度小：**通过选择使用合适的子载波灵活分配频率资源。且每个子载波可通过自适应调制技术能够获得最佳的系统性能。
- **实现MIMO技术简单：**由于OFDM中子载波带宽内信道是平坦的，因此在子载波的MIMO检测中不需要考虑多径的影响，极大地简化了MIMO接收机的复杂度。

4G技术需求

——OFDM

■ 评价

- **对载波频偏十分敏感：**由于OFDM要求子载波之间严格正交，任何细微的频偏都会破坏子载波间的正交性，引起子载波间干扰(ICI)。实际无线环境中移动物体都会引起频偏。此外，由于硬件引入的相位噪声会造成信号星座图的旋转、扩散，进而引入ICI。
- **峰均功率比过高：**OFDM信号由多个载波叠加而成，各个载波的幅值、相位独立，当这些载波的相位相同或相近时会产生较高的瞬时功率。高峰均比要求功率放大器有很大的线性范围，否则会造成波形失真，引入非线性干扰。同时高峰均比也要求D/A和A/D有更高的无失真动态范围。



作业

- 1、简述无线蜂窝制式的演进
- 2、简述MIMO技术的原理