

讲义材料



宽带无线通信技术

第1讲: 规则 收获 无线通信概览

赵宏志 教授

电子科技大学, 通信抗干扰技术国家重点实验室

2016年8月29日

讲义提纲



1. 课程规则
2. 课程收获
3. 移动通信概览
4. 学习建议
5. 总结

1.课程规则

- 大学上课是对讲课者和听课者的双重挑战
 - 态度决定一切
- 对于讲课者
 - 认真准备每一讲；
 - 耐心答疑；
 - 体谅听课者的实际困难。
- 对于听课者：
 - 认识到《宽带无线通信技术》的重要性；
 - 按时上课；
 - 通过考试。

1.课程规则

- 认识《宽带无线通信技术》的重要性
 - 毕业找工作：与《无线通信》直接相关的企业占50%以上
 - 备考研究生：电子通信领域最热、最具活力的是无线通信
 - 出国留学：无线信号处理、无线信息论、WSN的导师占50%以上
- 课堂环境
 - 能容忍迟到5分钟之内；
 - 手机设置静音；
 - 个人紧急情况需要离开者，请走后门。
- 通过考试：
 - 考查：作业题，8道题共200分，选做，60分通过；
 - 考试：作业题50%+期末考试50%；

1.课程规则

- 课程或专业答疑

- 时间：提前预约
- 地点：主楼B3区，B3-401办公室
- 电话：61830323；
- E-mail: lyn@uestc.edu.cn

- 课件下载：

- 学校主页 / 人才培养 / 互动教学 / 教师社区 / 赵宏志

讲义提纲



1. 课程规则
2. 课程收获
3. 移动通信概览
4. 学习建议
5. 总结

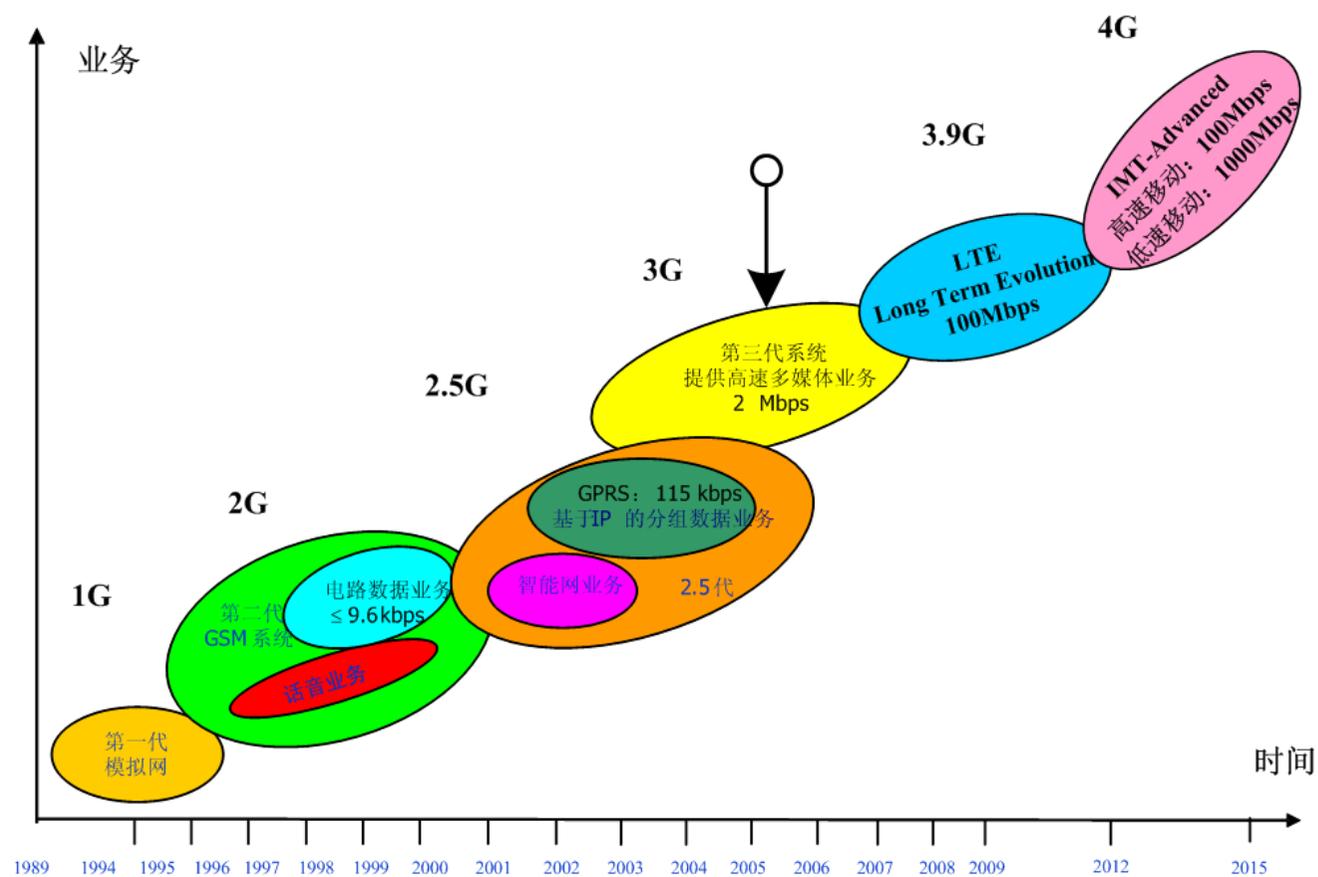
2.课程收获

- 总的目标，掌握宽带无线通信技术的
 - 基本概念；
 - 基本技术；
 - 基本原理。
- 课程安排：每周2学时作为1讲，共10讲。
- 课程形式：课堂讲授+仿真实验
 - 课堂讲授：20学时，10讲；
 - 仿真实验：6次左右，开始时间大约在第4周；
 - 仿真实验：由沈莹副教授主讲。
- 各讲内容会根据现实情况，微调。

2.课程收获

● 第1讲

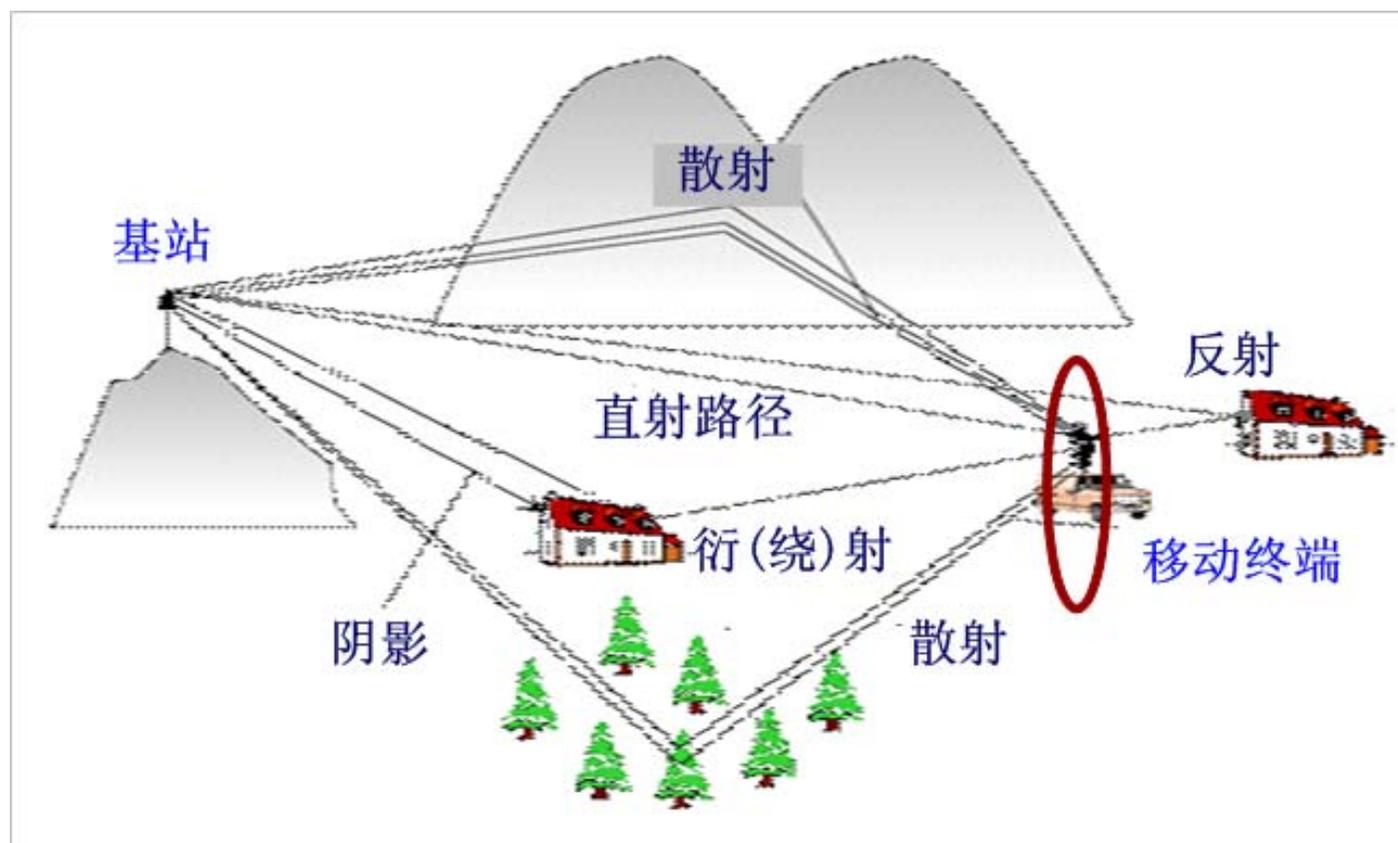
- 无线移动通信的昨天、今天和明天；
- 现代无线移动通信系统的物理层信号完整流程。



2.课程收获

● 第2讲

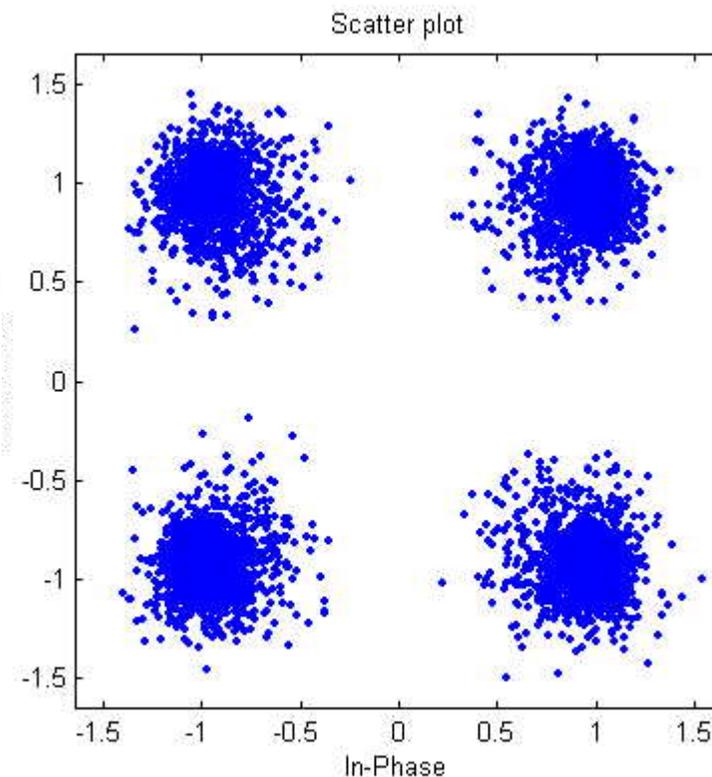
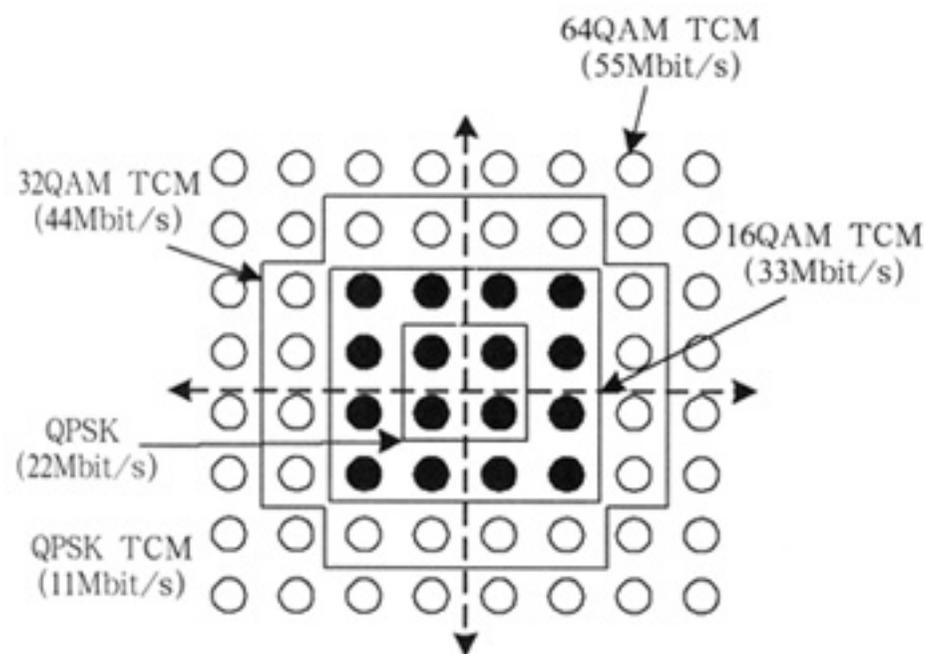
- 无线移动通信信道；
- 实测、模型、应用。



2.课程收获

● 第3讲

- 无线移动通信中的调制解调技术
- 信号空间与表达
- 最优的接收机结构

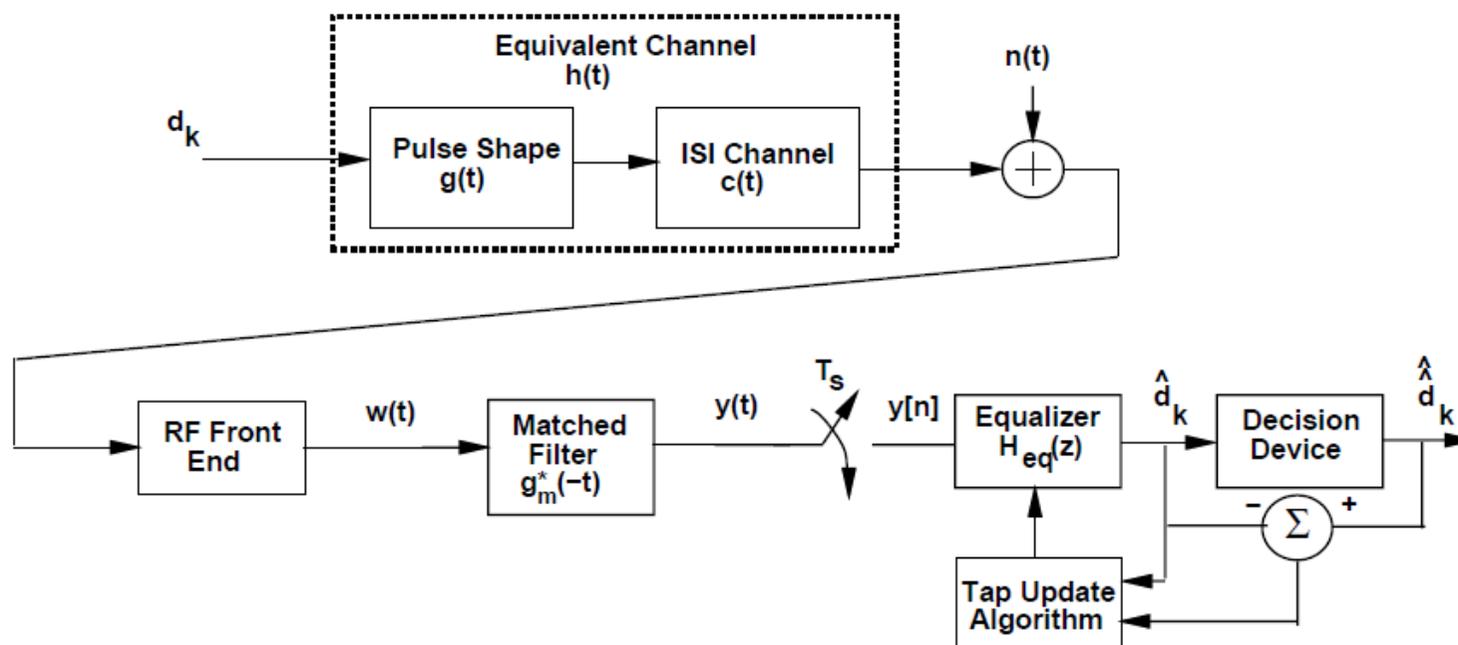


2.课程收获

● 第4讲

➤ 衰落信道下的最优接收机

- ◆ 最优接收机结构
- ◆ 分集思想抗信道衰落

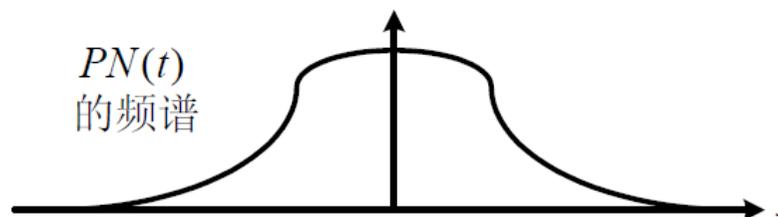
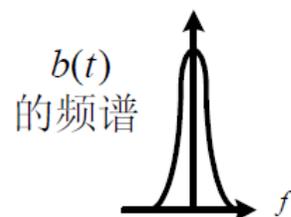
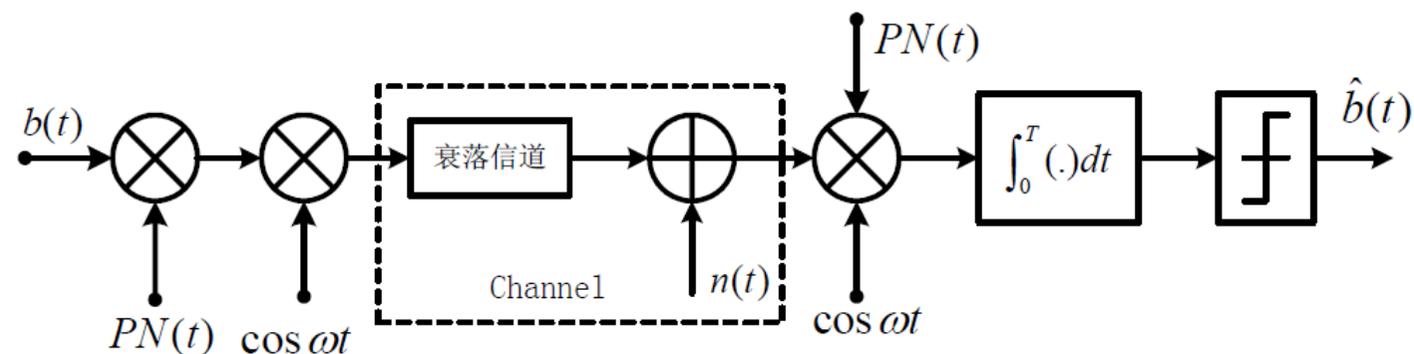


2.课程收获

● 第5讲

➤ 扩展频谱技术

- ◆ 直扩原理：操作方法、理论支持
- ◆ 跳频简介：概念、操作流程



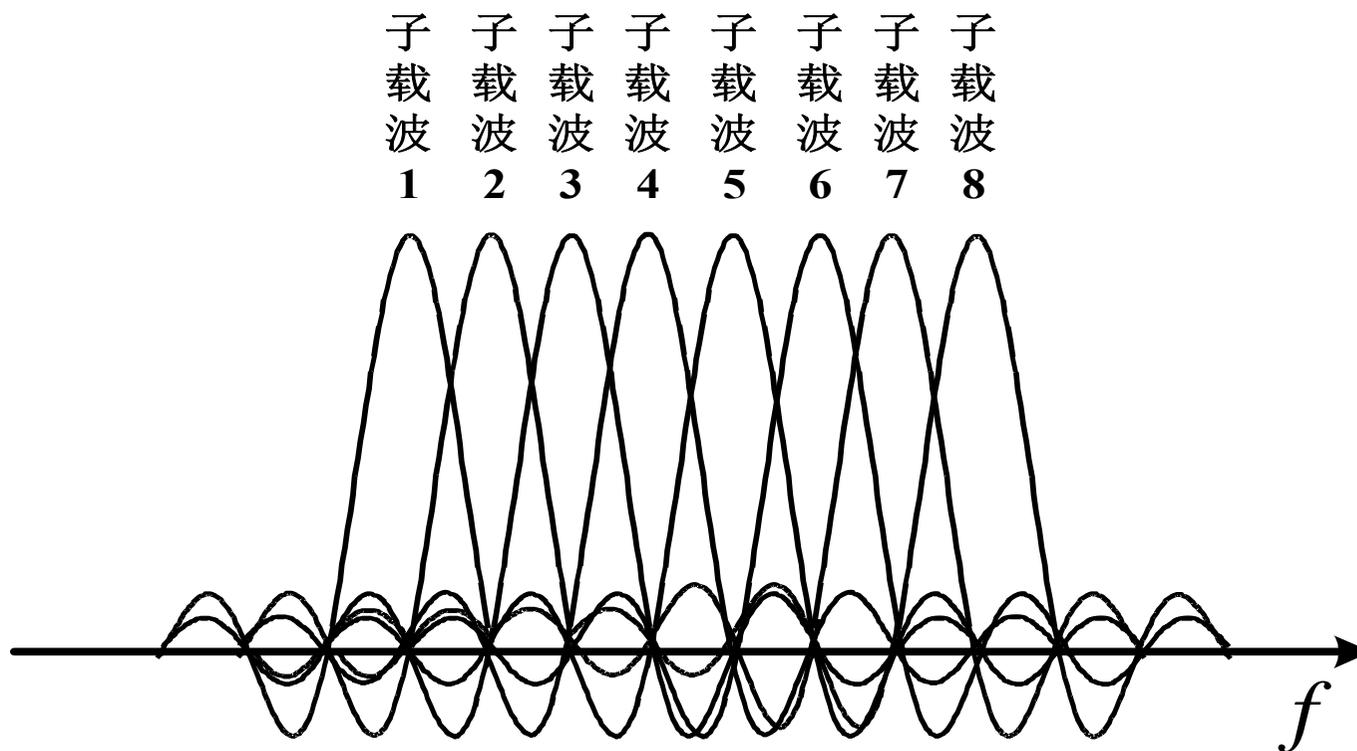
2.课程收获

● 第6讲

➤ 多载波传输技术

◆ OFDM的原理

◆ LTE等通信标准中的OFDM

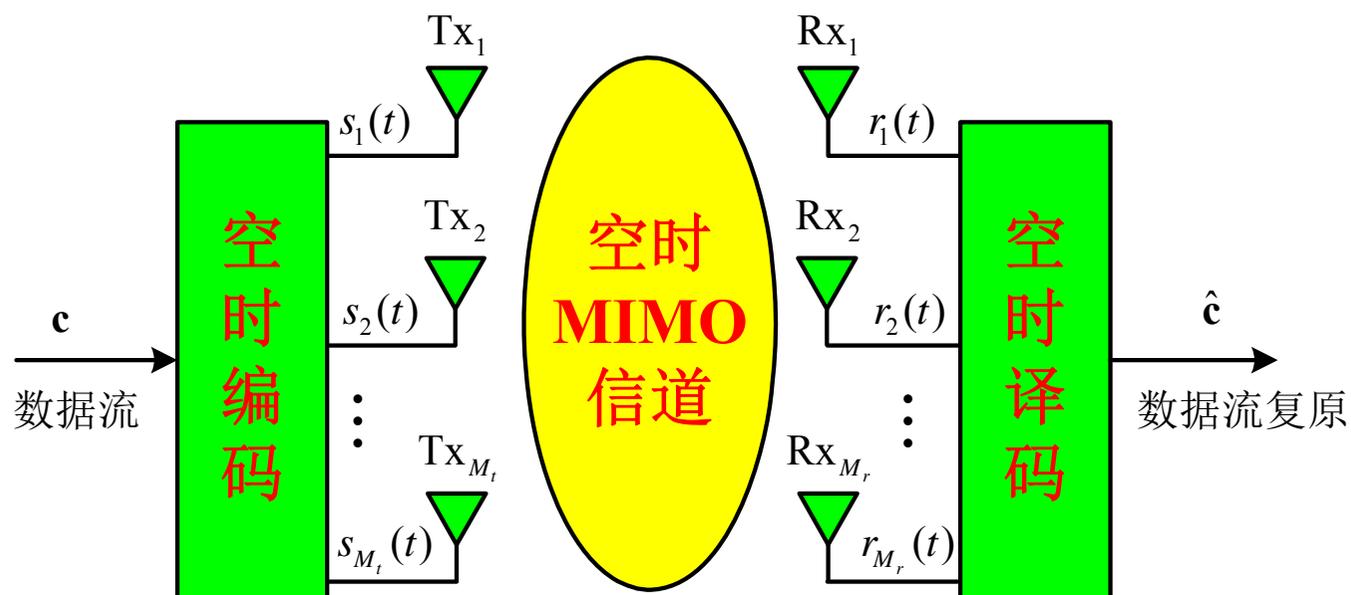


2.课程收获

- 第7和8讲

- 多天线传输技术

- ◆ MIMO的基本原理
- ◆ 智能天线的基本原理

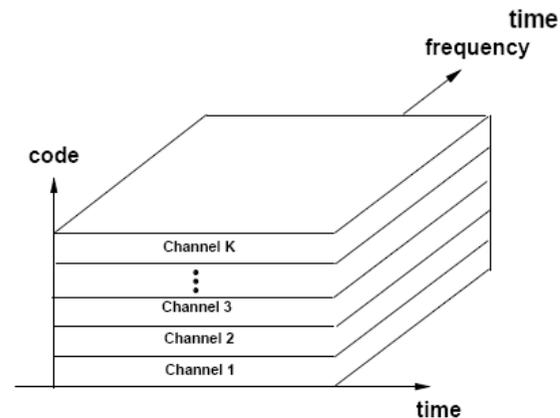
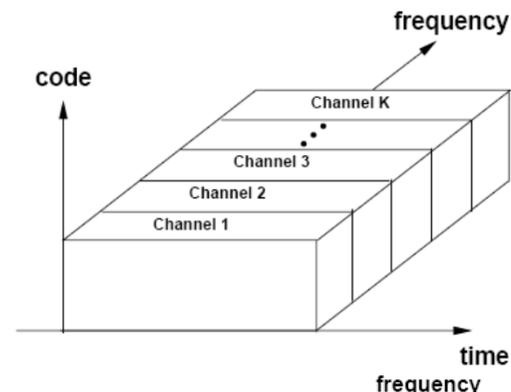
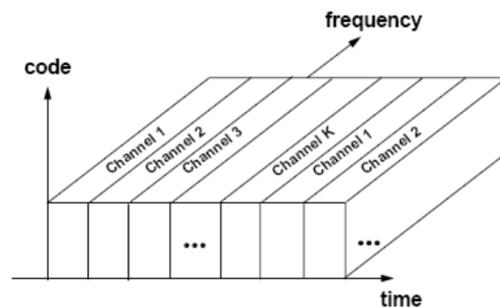
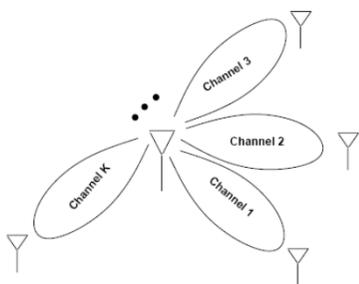


2.课程收获

● 第9讲

➤ 多址接入技术和信道容量

- ◆ FDMA: 频分多址
- ◆ TDMA: 时分多址
- ◆ CDMA: 码分多址
- ◆ OFDMA: 正交频分多址
- ◆ IDMA: 交织多址



讲义提纲



1. 课程规则
2. 课程收获
- 3. 移动通信概览**
4. 学习建议
5. 总结

3.移动通信概览

- 引领无线通信发展的4个基本定律(by A. J. Viterbi)

- 自然科学定律

- ◆ Maxwell and Herz: 电磁场理论

- ◆ C. Shannon: 香农定理

$$C = \begin{cases} \frac{1}{2} \log(1 + S/J) \text{ bits/channel symbol} \\ W \log(1 + S/J) \text{ bits/s,} \end{cases}$$



- 社会经济科学定律

- ◆ G. Moore: 摩尔定律

$$v(T) = v(T_0)2^{(T-T_0)/1.5}$$

- ◆ R. Metcalfe: 梅特卡夫预测

$$\text{Network Value} \sim N(N - 1)/2$$



3.移动通信概览

- 移动通信技术的昨天、今天和明天

- 重大事件

- ◆ 世界上
 - ◆ 中国

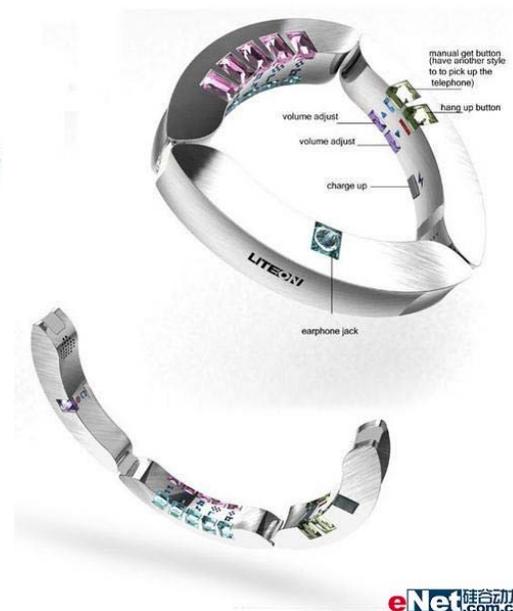
- 重要人物

- 移动通信产业

- 制造商

- ◆ 世界上
 - ◆ 中国

- 运营商



3.移动通信概览—移动通信技术

● 通信的历史

- 口语时代 古代 击鼓
- 文字书写时代 西周 邮驿
- 文字书写时代 公元前100年 鸿雁传书
- 文字书写时代 公元前7世纪 灯塔
- 文字书写时代 1777年 旗语
- 印刷时代 1792年法国人雪普兄弟发明了光信号传送器
- 印刷时代 1837年美国人摩尔斯在华盛顿和巴尔的摩试拍有线电报获得成功
- 印刷时代 1857年，横跨大西洋海底电报电缆完成
- 印刷时代 1875年，贝尔发明史上第一支电话。
- 印刷时代 1876年美国人贝尔发明电话；
- 印刷时代 1877年美国人爱迪生发明留声机；
- 印刷时代 1887年德国人赫兹用实验验证了电磁波；
- 印刷时代 1889年意大利人马可尼在英法两国间试拍无线电成功；
- 印刷时代 1895年，俄国人波波夫和意大利人马可尼同时成功研制了无线电接收机。

3.移动通信概览—移动通信技术

● 通信的历史

- 印刷时代 1901年跨大西洋电缆铺设成功；
- 印刷时代 1912年，泰坦尼克号沉船事件中，无线电救了700多条人命。
- 印刷时代 1915年巴黎与华盛顿长距离无线电通信成功；
- 印刷时代 1920年代，收音机问世
- 印刷时代 1920年代，英国人贝尔德成功进行了电视画面的传送，被誉为电视发明人。
- 印刷时代 1926年英国人贝阿特在英国皇家研究所完成电视图像研制；
- 印刷时代 1946年第一台电子计算机"ENIAC"在美国宾夕法尼亚大学摩尔电子工程学院问世；
- 印刷时代 1947年美国休克莱发明晶体管；
- 印刷时代 1953年IBM公司开发出"IBM 650"系列计算机；
- 印刷时代 1955年，美国为了大战的需要，发行了第一部军用电子计算机。
- 印刷时代 1956年美国安佩克斯公司发明录像机；
- 印刷时代 1957年IBM公司开发出第一代高级语言"Fortran"；
- 印刷时代 1958年是激动人心的一年。这一年里美国人达沃斯发现了激光原理。
- 印刷时代 1960年美国制成第一代小型机PDP I；
- 印刷时代 1962年，美国发射第一颗人造卫星，开启电视卫星传送的时代。
- 印刷时代 1962年美国通信卫星与欧洲通信获得成功；

3.移动通信概览—移动通信技术

● 通信的历史

- 网络传播时代 1969年，美军建立阿帕网（ARPANET），目的是预防遭受攻击时，通信中断。
- 网络传播时代 1969年美国提出全球通信网蓝图；
- 网络传播时代 1970年Intel公司制成超小型集成芯片；
- 网络传播时代 1975年美国人比尔·盖茨开发出"Basic"语言；
- 网络传播时代 1977年Apple公司制成PC机"Apple II"；
- 网络传播时代 1978年美国提出建设高速通信网络规划；
- 网络传播时代 1979年传奇的美国Xero公司研究小组在鲍勃·泰勒的领导下研究出Internet的前身
- 网络传播时代 1981年美国Microsoft公司开发出"MS-DOS"。同年IBM发布IBM-PC；
- 网络传播时代 1983年，美国国防部将阿帕网分为军网和民网，渐渐扩大为今天的互联网。
- 网络传播时代 1984年出现CD-ROM，通讯进入海量时代。苹果公司推出购物电脑；
- 网络传播时代 1988年随着通讯事业发展，virtus剧增；
- 网络传播时代 1991年美国Motorola公司和IBM、Apple公司合作推出Power-PC芯片
- 网络传播时代 1993年，美国宣布兴建信息高速通路计划，整合电脑、电话、电视媒体。
- 网络传播时代 1993年美国Intel公司开发出非Risc高性能CPU；
- 网络传播时代 1994年美国Florida州建成信息高速公路；
- 网络传播时代 1995年微软开发"Windows95"，把网络功能集成在PC机上

3.移动通信概览—移动通信技术

- 无线移动通信的重大事件
 - 1897年，马可尼在陆地和一艘拖船上完成无线通信实验，标志无线通信的开始。



3.移动通信概览—移动通信技术

- 无线移动通信的重大事件
 - 泰坦尼克号的悲剧极大促进了无线移动通信技术的发展。



Jack Phillips



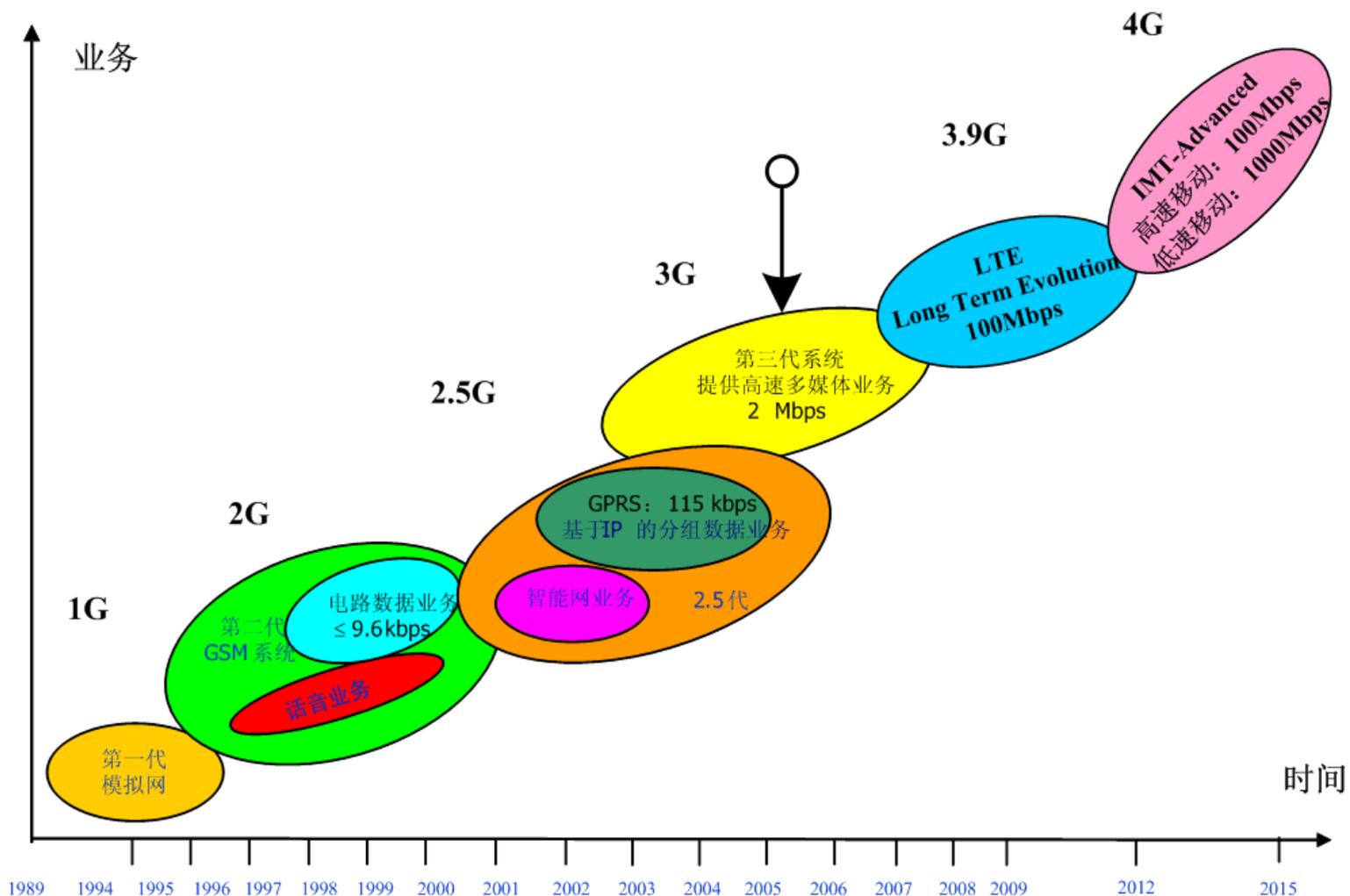
Harold Bride

3.移动通信概览—移动通信技术

- 无线移动通信的重大事件
 - 1928年，美国警用车辆的车载无线电系统，标志移动通信开始。
 - 1946年，Bell实验室在圣路易斯建立第一个公用汽车电话网。
 - 1960s，实现无线频道自动选择并能自动接续到公用电话网。
 - 1974年，美国Bell实验室提出蜂窝移动通信的概念。
 - 1970s，高度可靠的、小型化的晶体电路的发展

3.移动通信概览—移动通信技术

- 1980s，从此开始了移动通信1G到4G的发展



3.移动通信概览—移动通信技术

- 第一代移动通信系统

- 模拟（蜂窝）
- 仅限语音通信
- 仅为宏小区
- 主要用于户外覆盖
- 与固定PSTN完全不同
- 主要接入技术：FDMA
- 以企业用户为中心
- 主要代表：AMPS(美国)、TACS(英国)



3.移动通信概览—移动通信技术

- 第二代移动通信系统

- 数字（双模、双频）
- 语音和数据通信
- 宏/微小区
- 户内/户外覆盖
- 固定PSTN的补充
- 企事业和消费者
- 主要标准：GSM(欧洲), IS-95(Qualcomm)



3.移动通信概览—移动通信技术

● 第二代移动通信系统

	GSM	IS-54	PDC	IS-95
引入年代	1990	1991	1993	1993
使用频谱 (MHz)	890~915 (反向) 935~960 (前向)	824~849 (反向) 869~894 (前向)	810~830 (反向) 1429~1453 (反向) 940~960 (前向) 1477~1501 (前向)	824~849 (反向) 869~894 (前向)
调制方式	GMSK (BT=0.3)	$\pi/4$ DQPSK	$\pi/4$ DQPSK	OQPSK (反向) QPSK (前向)
成形滤波器	高斯	开方升余弦	开方升余弦	开方升余弦
载波带宽	200 kHz	30 kHz	25 kHz	1250 kHz
信道数据速率	270.8 kbps	48.6 kbps	42 kbps	1228.8 kbps
语音编码方式	RELTP-LTP	VSELP	VSELP	QCELP
语音编码速率	13 kbps	8 kbps	6.7 kbps	8 kbps
信道编码	CRC+卷积码 ($r=1/2, K=5$)	CRC+卷积码 ($r=1/2, K=6$)	CRC+卷积码	CRC+卷积码 ($r=1/3, K=9$ 反向) ($r=1/2, K=9$ 前向)
均衡器类型	自适应	自适应	自适应	

3.移动通信概览—移动通信技术

- 第三代移动通信系统：IMT-2000
 - International Mobile Telecommunication 2000
 - 工作在2000MHz频段
 - 在2000年左右商用
- 三个主流标准+一个新成员
 - IMT-DS —— WCDMA (欧洲、日本)
 - IMT-MC —— cdma2000 (北美)
 - **IMT-TC —— TD-SCDMA (中国)**
 - IEEE802.16 —— WiMAX (美国)



3.移动通信概览—移动通信技术

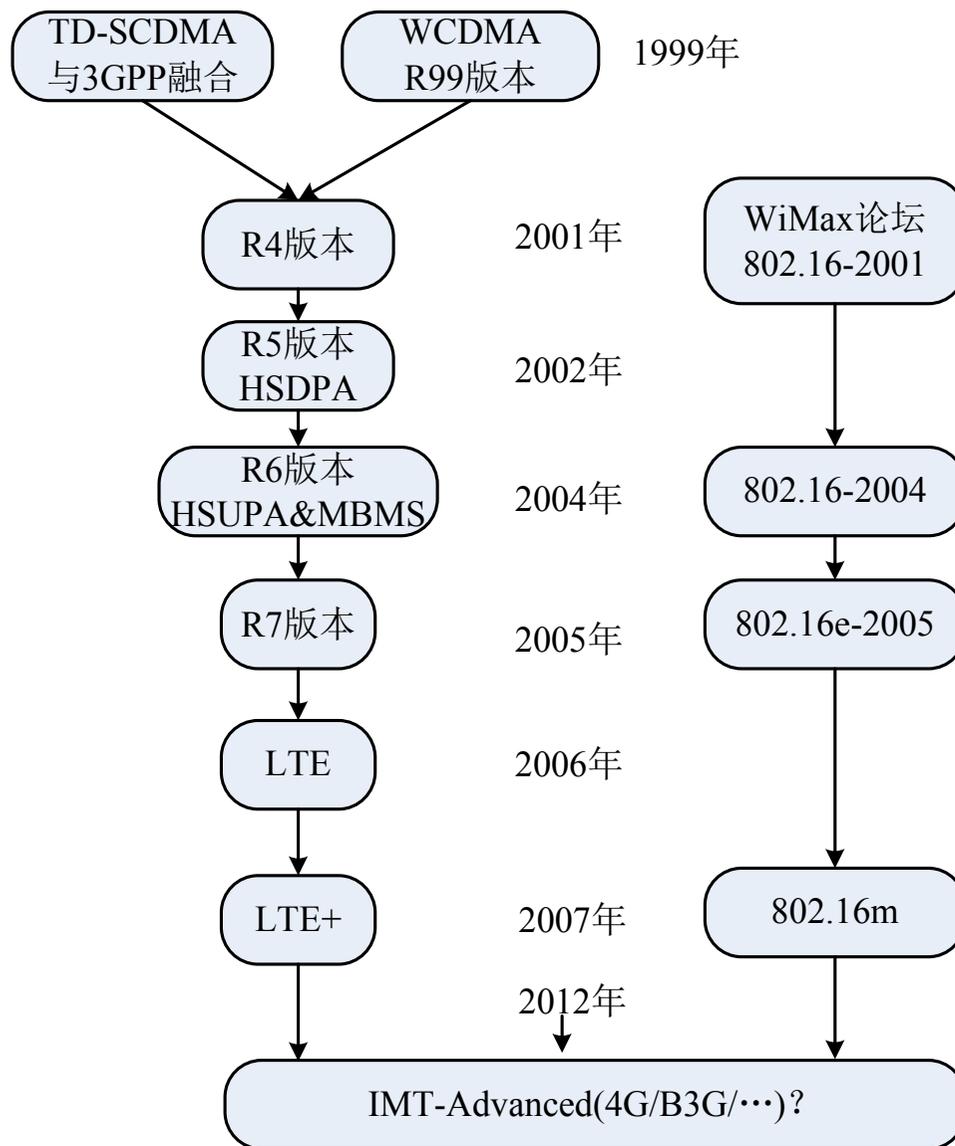
● 第三代移动通信系统：IMT-2000

	TD-SCDMA	WCDMA	cdma2000	WiMax
载频间隔	1.6MHz	5MHz	1.25MHz	1.25MHz~20MHz, 系统一般采用大于5MHz的带宽
码片速率	1.28Mcps	3.84Mcps	1.2288Mcps	
基站同步	需要	不需要	需要	需要
用户下行速率	系统支持多种速率 64/128/384kbps, HSDPA业务在10MHz 带宽内(6载波)能够达 到的峰值速率约为 16.8Mbps	系统支持多种速率 64/128/384kbps, HSDPA在10MHz带 宽内能够达到的峰 值速率约为 14.4Mbps	大于9Mbps	30Mbps, (10MHz带 宽, 64QAM调制下)
用户上行速率	HSUPA可以实现 2.2Mbps	HSUPA可以实现 2Mbps	2Mbps左右	30Mbps, (10MHz带 宽, 64QAM调制下)
移动性	支持高速移动, 可 以达到	支持高速移动, 可 以达到	支持高速移动, 可以达到	支持中速移动, 可 以达到
切换的支持	支持小区间的接力切 换、硬切换	支持小区间的软切 换、硬切换	支持小区间的 软切换、硬切 换	支持小区间的软切 换、硬切换
信道编码方式	卷积、turbo	卷积、turbo	卷积、turbo	LDPC、RS、卷积、 turbo
空间利用	智能天线技术, 多阵 元	支持多天线, 分集 应用为主		MIMO、AAS

3.移动通信概览—移动通信技术

● 3G标准的演进

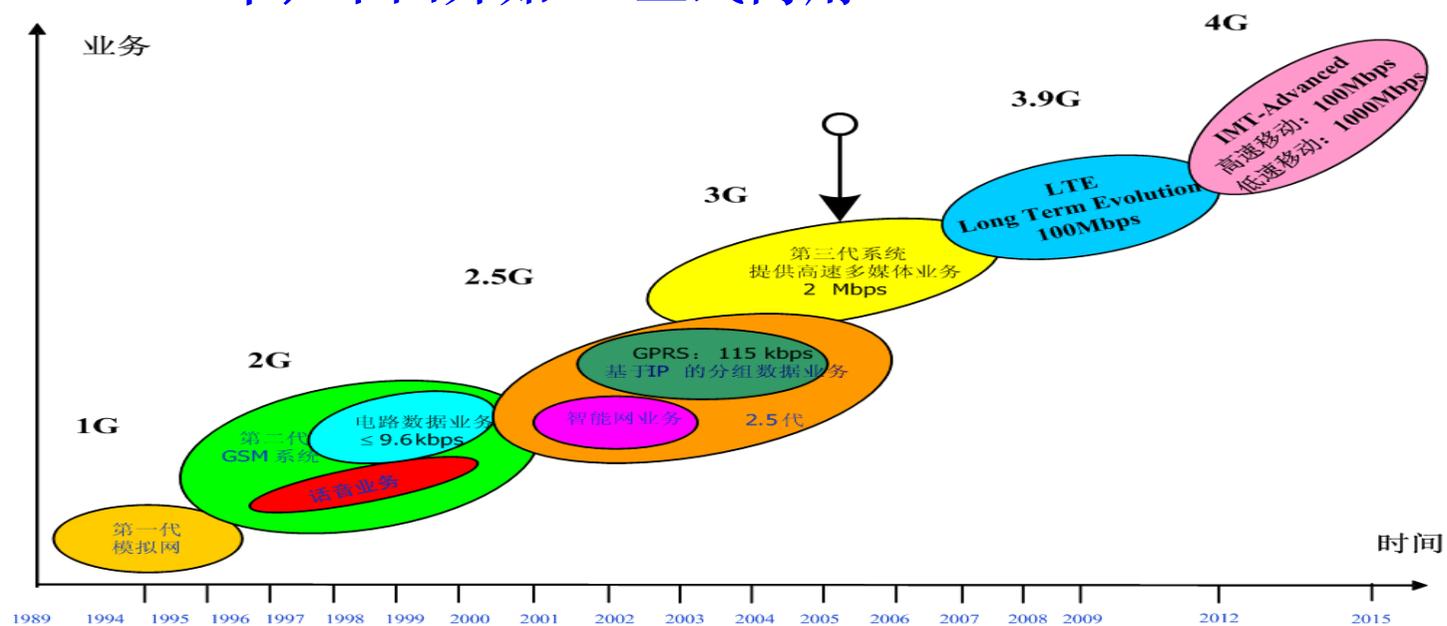
- cdma2000产业链已经处于断裂的边缘，系统演进路线(UMB)业已停止，中流砥柱高通公司已经转向LTE的演进。
- TD和WCDMA始终保持着相对同步的版本更新和技术演进路线。



3.移动通信概览—移动通信技术

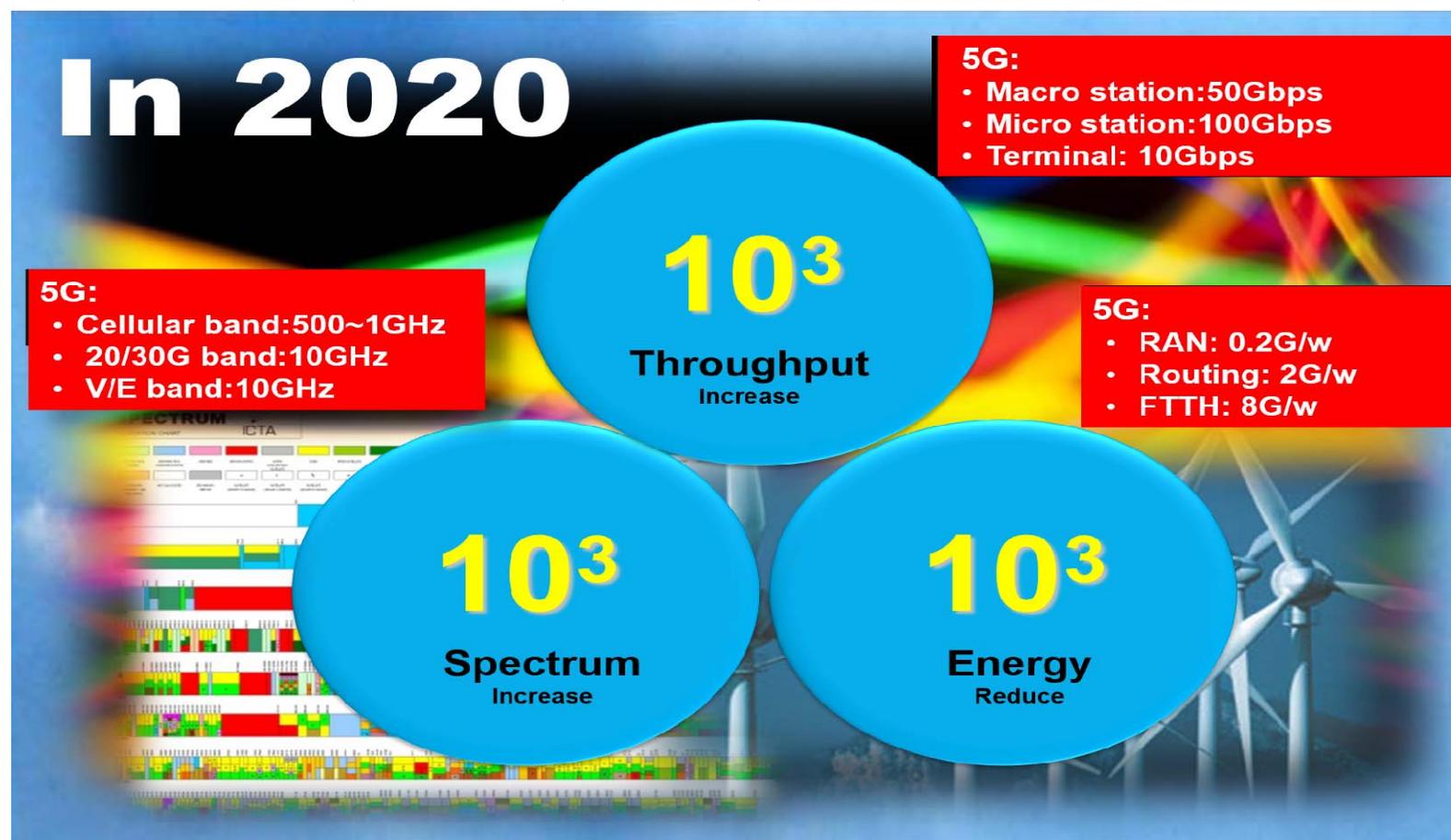
● 第四代移动通信系统：IMT-Advanced

- 2003年6月，ITU完成了Beyond IMT-2000的愿景；
- 2005年10月，ITU正式命名4G为“IMT-Advanced”；
- 2009年6月，开始集中制定标准工作；
- 2012年，开始试验网布局；
- 2014年，中国开始4G正式商用。



3.移动通信概览—移动通信技术

- 第五代移动通信系统：IMT-2020
 - 2013年6月，开始网络需求研究；
 - 2014年~2018年，标准制定。



3.移动通信概览—移动通信技术

● 中国的移动通信发展

- 1987年11月，中国移动电话业务正式开通，第一个TACS制式模拟移动电话系统在广东建成并投入商用；
- 1992年，原邮电部批准建设了嘉兴地区全数字移动电话（GSM）网络；
- 2000年12月21日，中国移动通信集团公司启动了GPRS网络的建设；
- 2000年5月中国TD-SCDMA正式成为3G国际标准之一；
- 2003年3月28日，中国联通的cdma20001x网络正式建成开通；
- 2005年，建设向下兼容GPRS技术的EDGE网络；
- 2007年，中国移动进行TD-SCDMA试商用网络建设；
- 2008年，TD-SCDMA、WCDMA、cdma2000同时在中国建网。

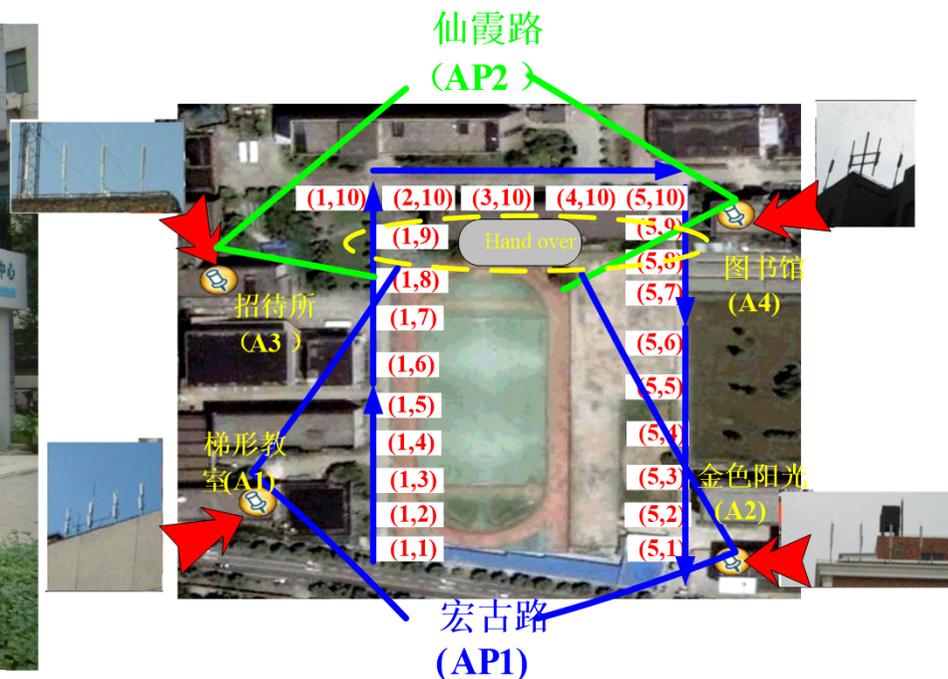
3.移动通信概览—移动通信技术

- 中国移动通信的科研力量

- 在1G时代，中国在准备；
- 在2G时代，中国在学习；
- 在3G时代，中国在参与；
- 在4G时代，中国在竞争；
- 在5G时代，中国将主导。

3.移动通信概览—移动通信技术

- 中国在第四代移动通信上的研究
 - 6所高校：清华、成电、东南、北邮、华中、中科大
 - 3个企业：华为、中兴、上海无线中心
 - 2006年进行了世界上规模最大的4G外场实验

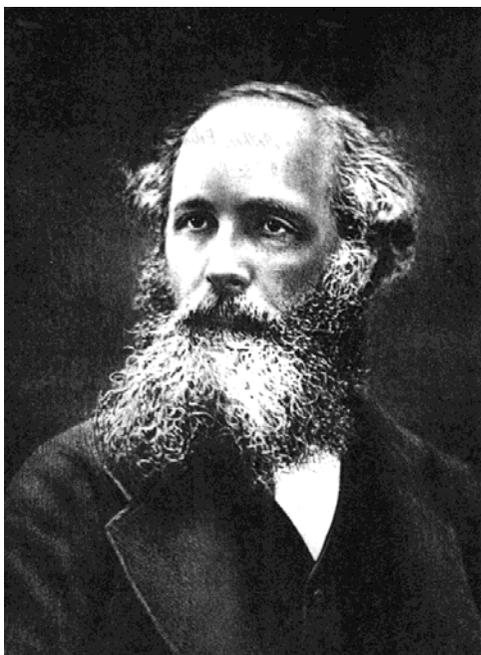


3.移动通信概览—移动通信技术



3.移动通信概览—移动通信技术

- 移动通信发展中的重要人物



James Clerk Maxwell



G. M. Marconi



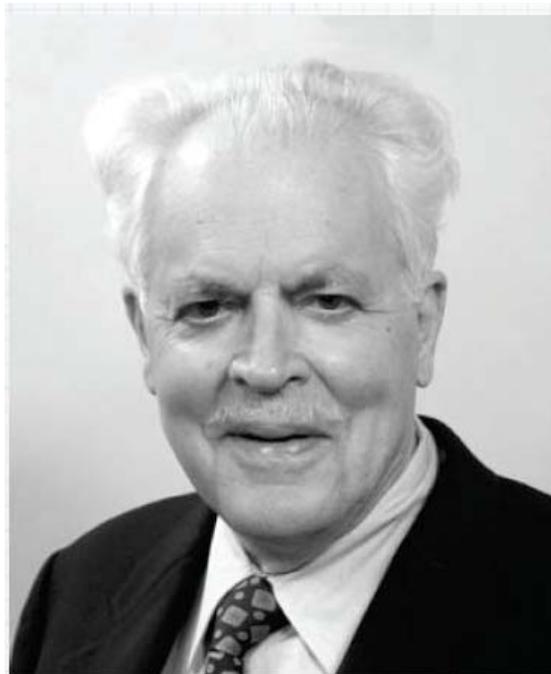
C. E. Shannon

3.移动通信概览—移动通信技术

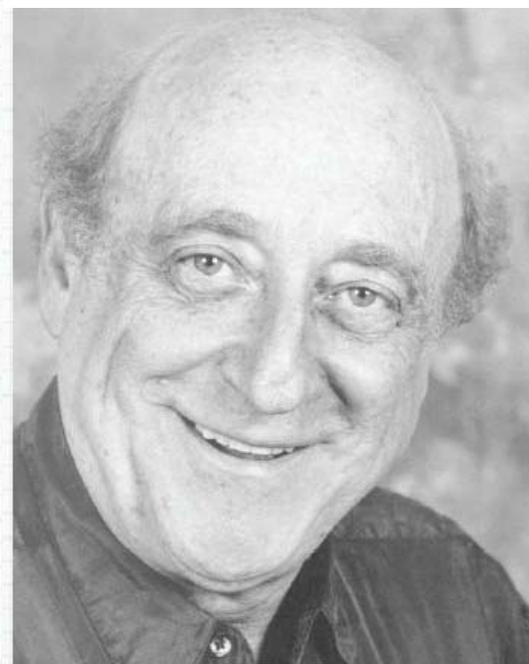
- 移动通信发展中的重要人物



Richard Hamming



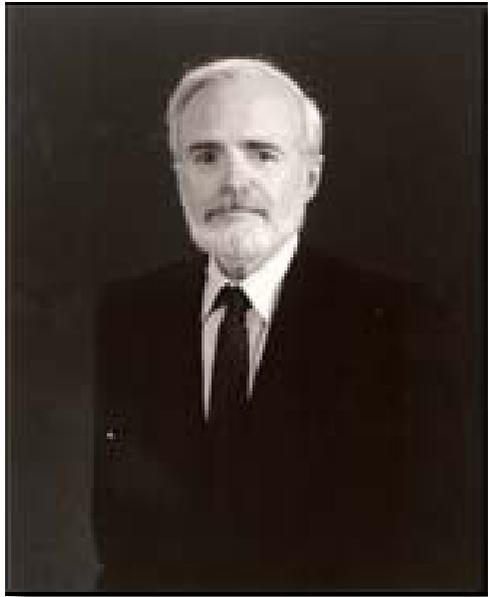
Reed



Solomon

3.移动通信概览—移动通信技术

- 移动通信发展中的重要人物



Harry L. Van Trees



A. J. Viterbi



David Tse

3.移动通信概览—移动通信技术

- 移动通信发展中的重要人物



Marty Cooper



Vic Hayes



李世鹤

3.移动通信概览—移动通信产业

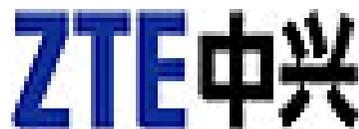
- 欧洲移动通信设备制造商



- 北美移动通信设备制造商



- 亚洲移动通信设备制造商



3.移动通信概览—移动通信产业

- 移动通信运营商

- 不论哪个国家，都是非充分竞争的行业；
- 涉及到国家最高安全和个人信息安全。

- 中国电信业的变迁

- 1949年11月1日，中央人民政府邮电部成立，朱学范为第一任邮电部部长；
- 1994年，中国联通成立；电子部联合铁道部、电力部以及广电部；但主要还是经营寻呼业务；
- 1998年3月，电子部和邮电部合并为信息产业部，随后电信业实现了政企分开，中国电信成立；



3.移动通信概览—移动通信产业

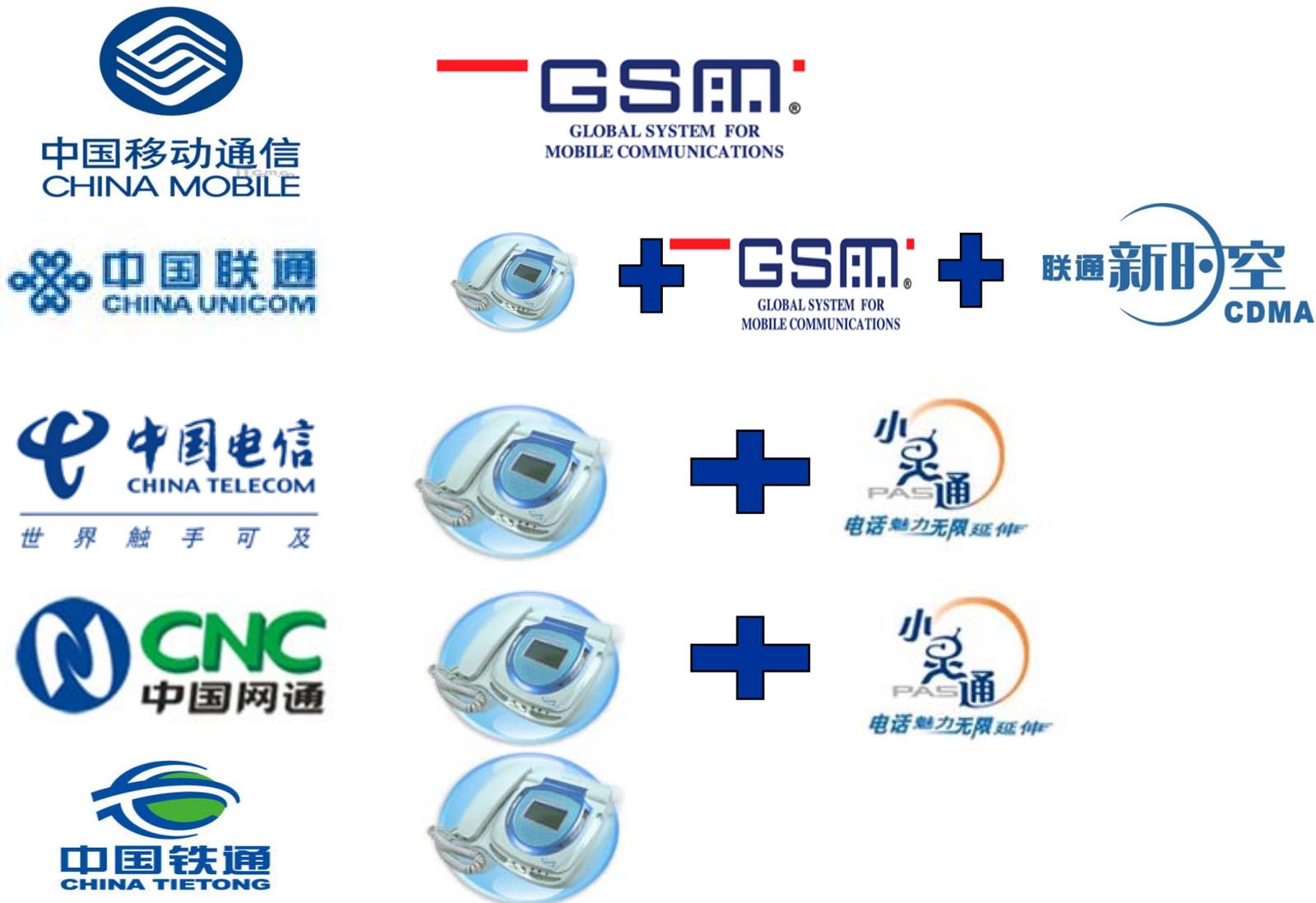
- 中国电信业的变迁

- 1999年2月14日，中国电信固话和移动业务分离；
- 2000年4月20日，中国移动通信集团公司成立；
- 2000年12月26日，中国铁通成立，隶属铁道部；
- 2002年5月16日，中国电信南北拆分，中国电信集团公司和中国网络通信集团公司挂牌成立；



3.移动通信概览—移动通信产业

- 2002年~2007年，各运营商的主营业务



3.移动通信概览—移动通信产业

- 2008年，工信部成立，各运营商再次重组



3.移动通信概览—移动通信产业

● 三大运营商的竞争



新翼代·用真3G 革命掉老地盘

陕西校园第一大3G运营商玩转3G校园风采

新翼代新变星

变星一：新翼代是玩真3G，老地盘是玩语音；
变星二：新翼代是玩流量，老地盘是打电话；
变星三：新翼代是视听享受，老地盘是费钱费力；
变星四：新翼代玩的是生活享受，老地盘只能聊聊天打发寂寞；
变星五：新翼代大学话费网费月月送，老地盘话费网费这么轻松；
变星六：新翼代出行刷卡翼机在手，老地盘出行如此给力有木有！

玩3G的同学
99%都玩真3G

真3G

如果G3也算3G 那国美就是美国
如果TD能超越WCDMA 那武大郎就能跑过刘翔
如果4G技术已经成熟 那工信部比铁道部还闪光

比速度 比资费 比网络
比终端 比应用 比漫游

能比吗?

偷换概念 忽悠客户 我能!

@魏祖国非理
weibo@weibodongm/jgdfsw

3.移动通信概览—移动通信产业

- 2015年，各运营商的主营业务



3.移动通信概览—移动通信产业

- 2015年8月24日，三大运营商集体换帅
- 中国移动现董事长奚国华退休，工信部副部长尚冰接任中国移动董事长。
- 中国电信董事长王晓初转任中国联通董事长。
- 中国联通董事长常小兵转任中国电信董事长。
- 重组前奏??

**一面颜色鲜明的旗帜正在引领中国
完成
从通信大国到通信强国的
使命**

3.移动通信概览—移动通信的生存问题

- 基站选址难

- 基站架设在哪儿？

- ◆ 办公楼顶？
- ◆ 居民楼顶？
- ◆ 郊外大功率发射塔？



3.移动通信概览—移动通信的生存问题

- 基站选址难

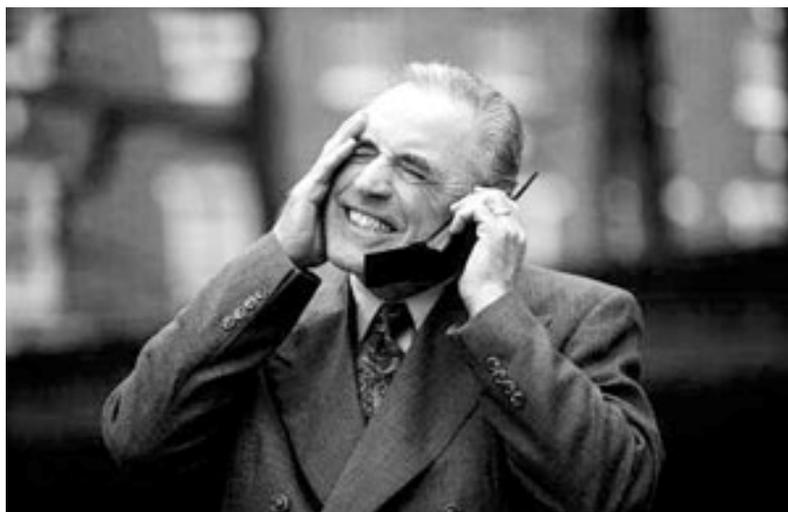
- “掩饰”基站？权宜之计！



3.移动通信概览—移动通信的生存问题

- 通信环境电磁辐射

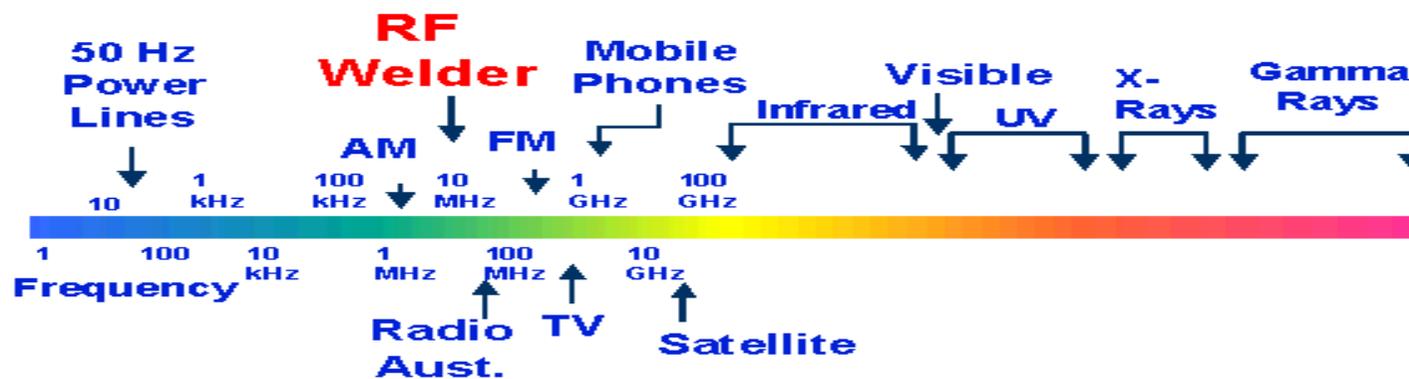
- 电磁波辐射引起的健康问题
- 健康是第一位的!
- GSM/CDMA/LTE健康吗?
- 基站的电磁波辐射对其周围的人群公平吗?



3.移动通信概览—移动通信的生存问题

● 频谱资源紧缺

- 5GHz以下的无线电频谱相当昂贵。
- 频谱资源紧张，有资金不一定能买到。
- 即使买到，成本投入太高，用户承受不起。
- 免许可的ISM频段(例如2.4GHz)已经相当拥挤，无线局域网、蓝牙等。
- 美国，2008年3月，700MHz频谱拍卖，1090张执照，总出价金额达191亿美元。



3.移动通信概览—移动通信的生存问题

- 移动终端的功耗
 - 如何解决大屏移动终端一天一充的问题？



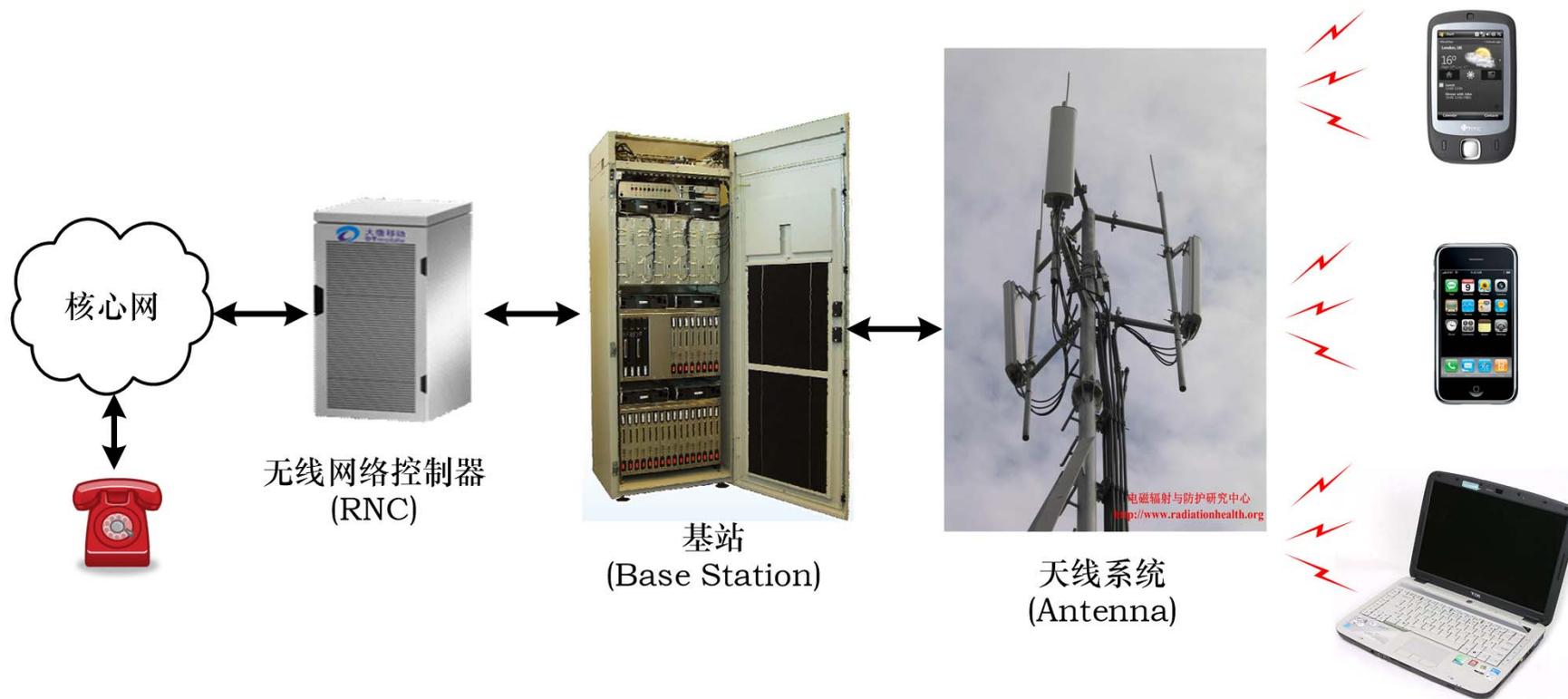
讲义提纲



1. 课程规则
2. 课程收获
3. 移动通信概览
4. 学习建议
5. 总结

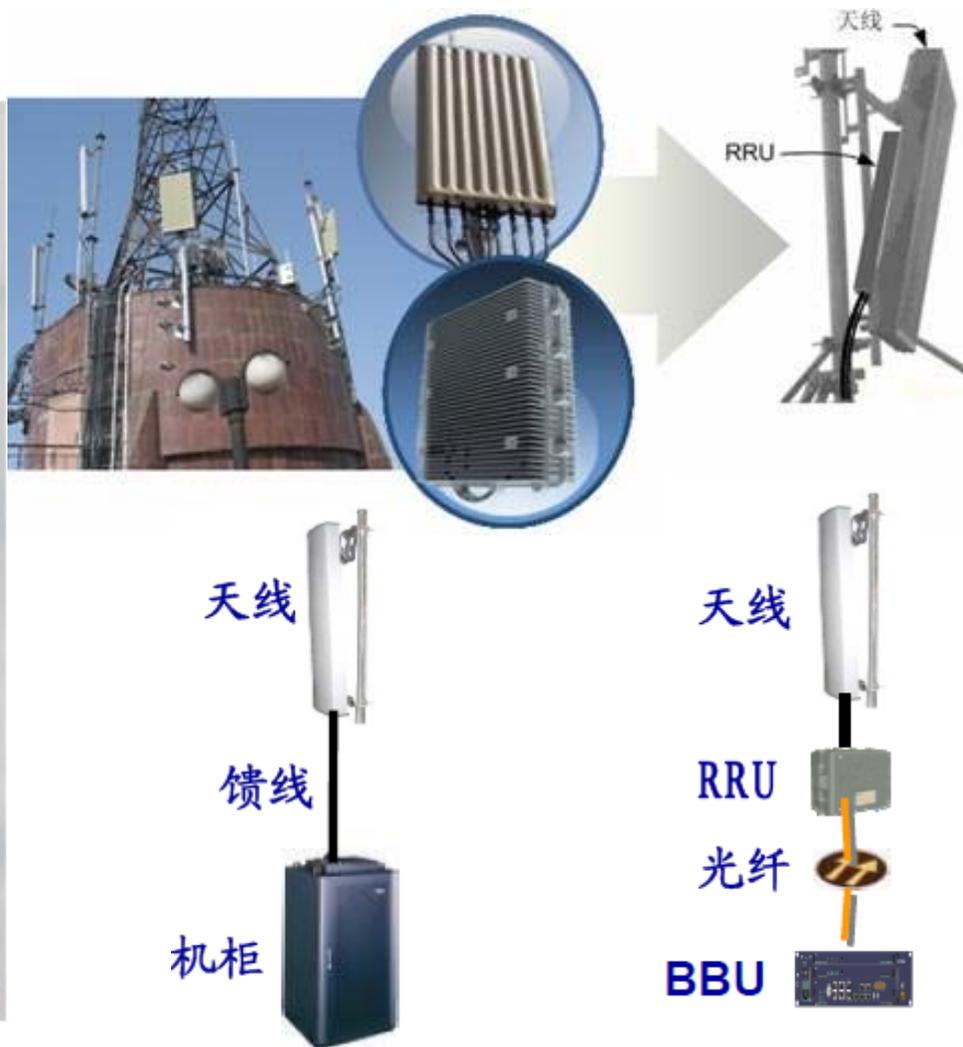
4.学习建议

- 从总体到局部
- 始终牢记当前位置



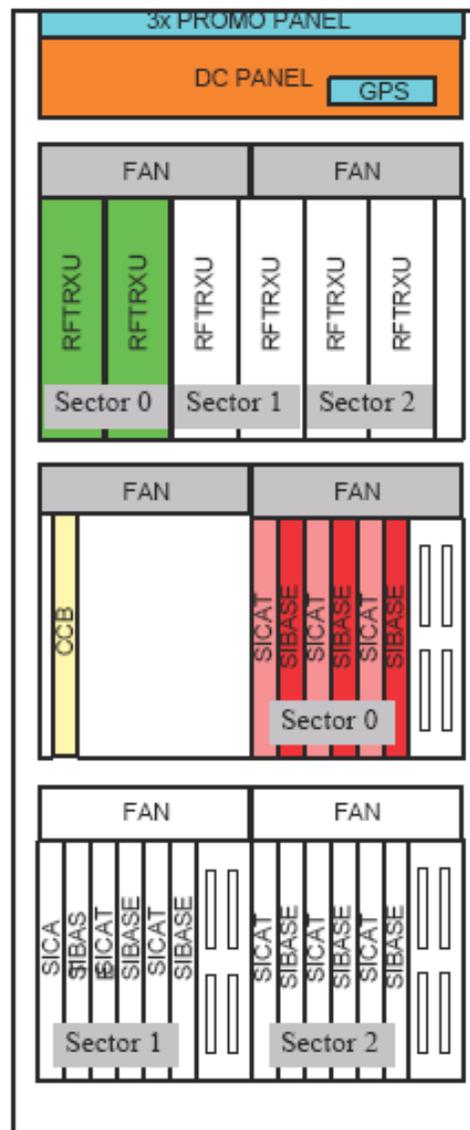
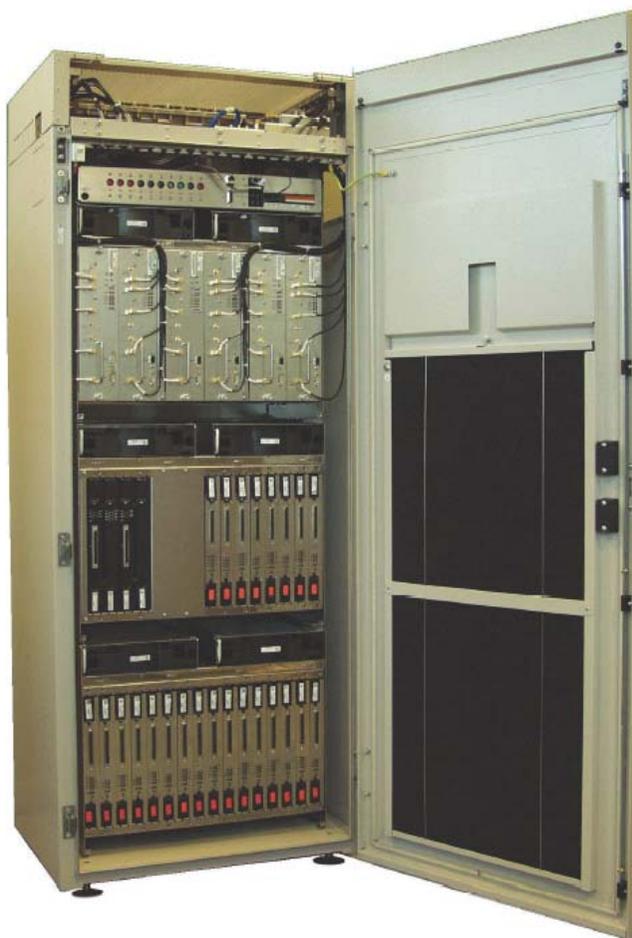
4.学习建议

- 从总体到局部
- 始终牢记当前位置



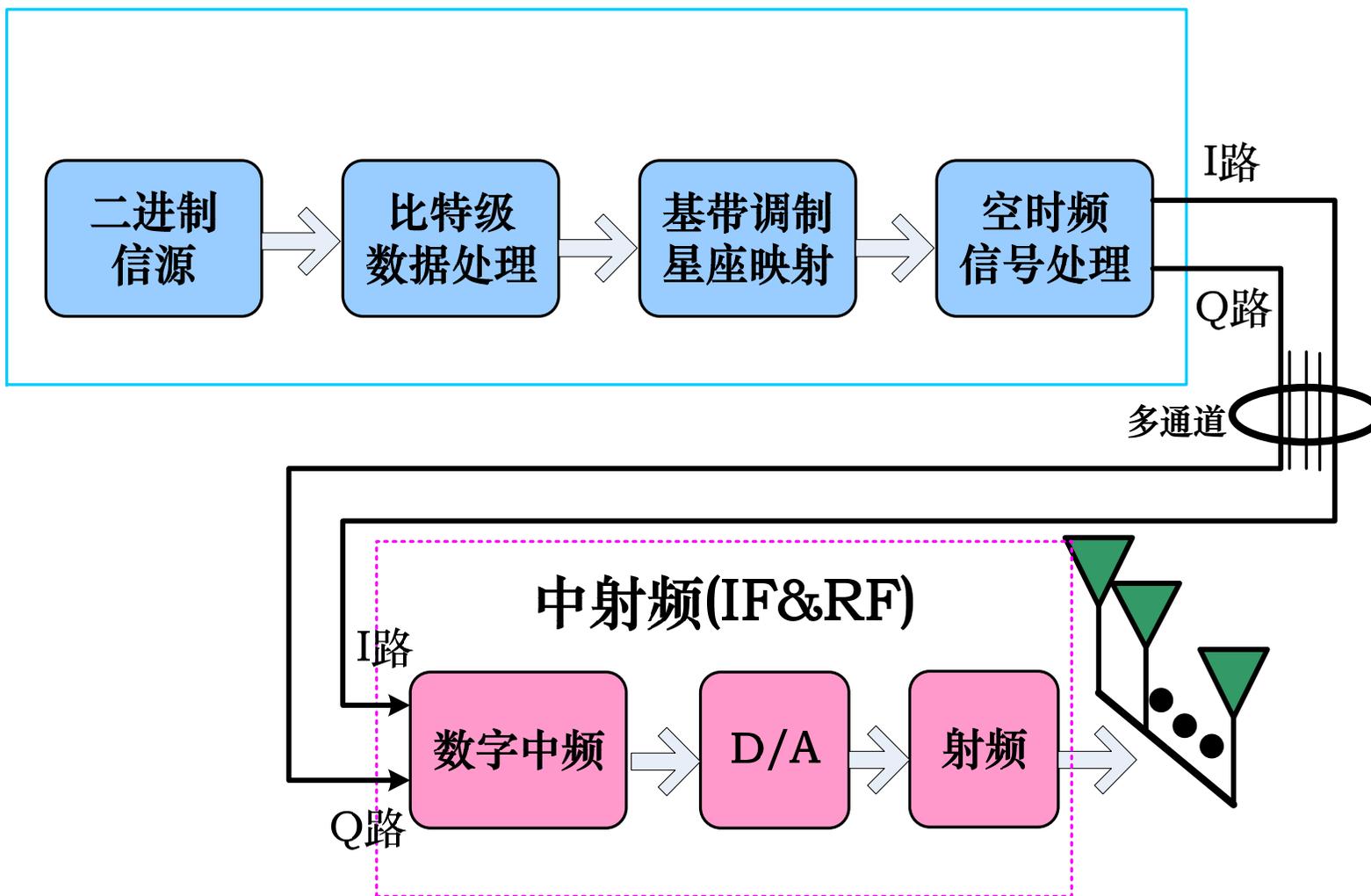
4.学习建议

- 从总体到局部
- 始终牢记当前位置



4.学习建议

- 物理层信号处理完整流程



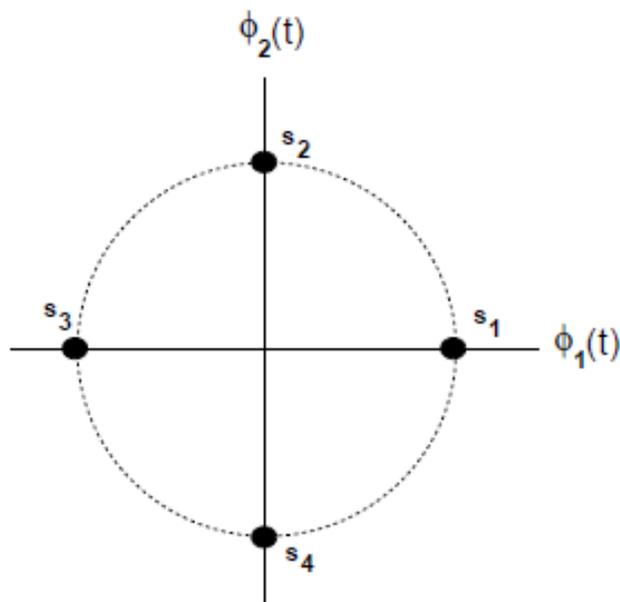
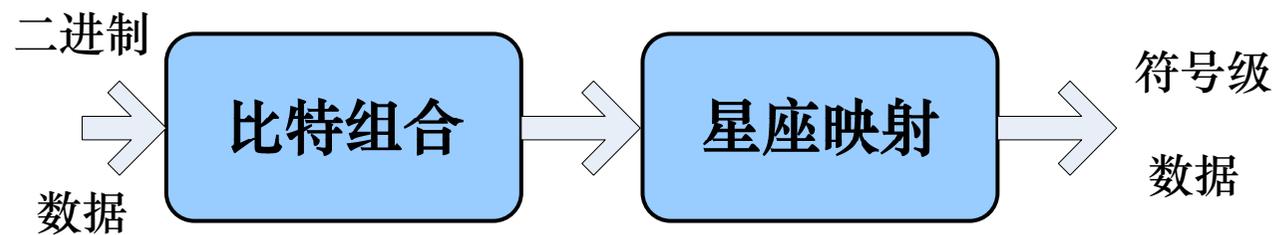
4.学习建议

- 比特级数据处理



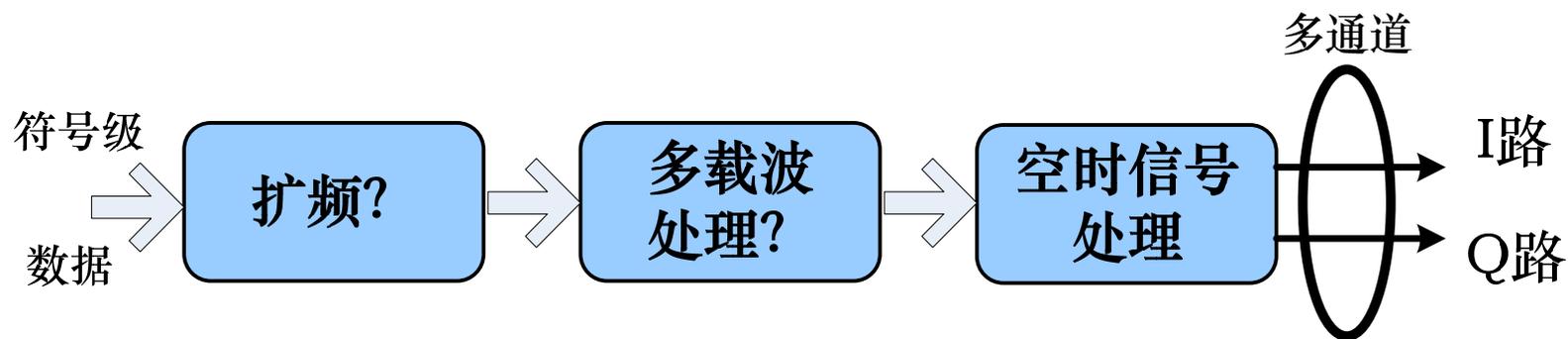
4.学习建议

- 基带调制(星座映射)



4.学习建议

- 空时频信号处理

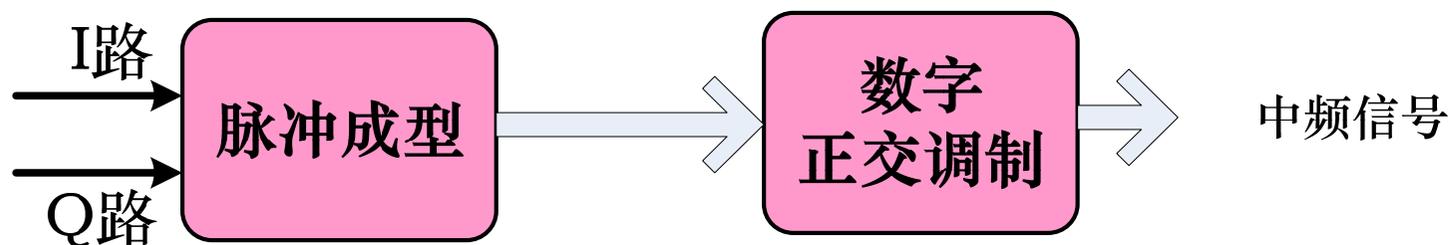


I路: In-phase component

Q路: Quadrature component

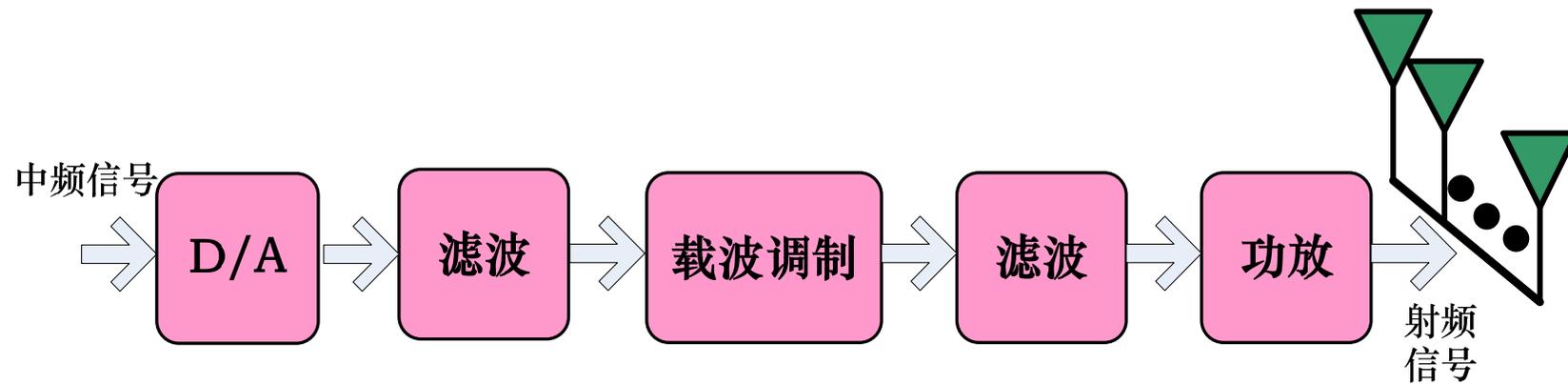
4.学习建议

- 数字中频



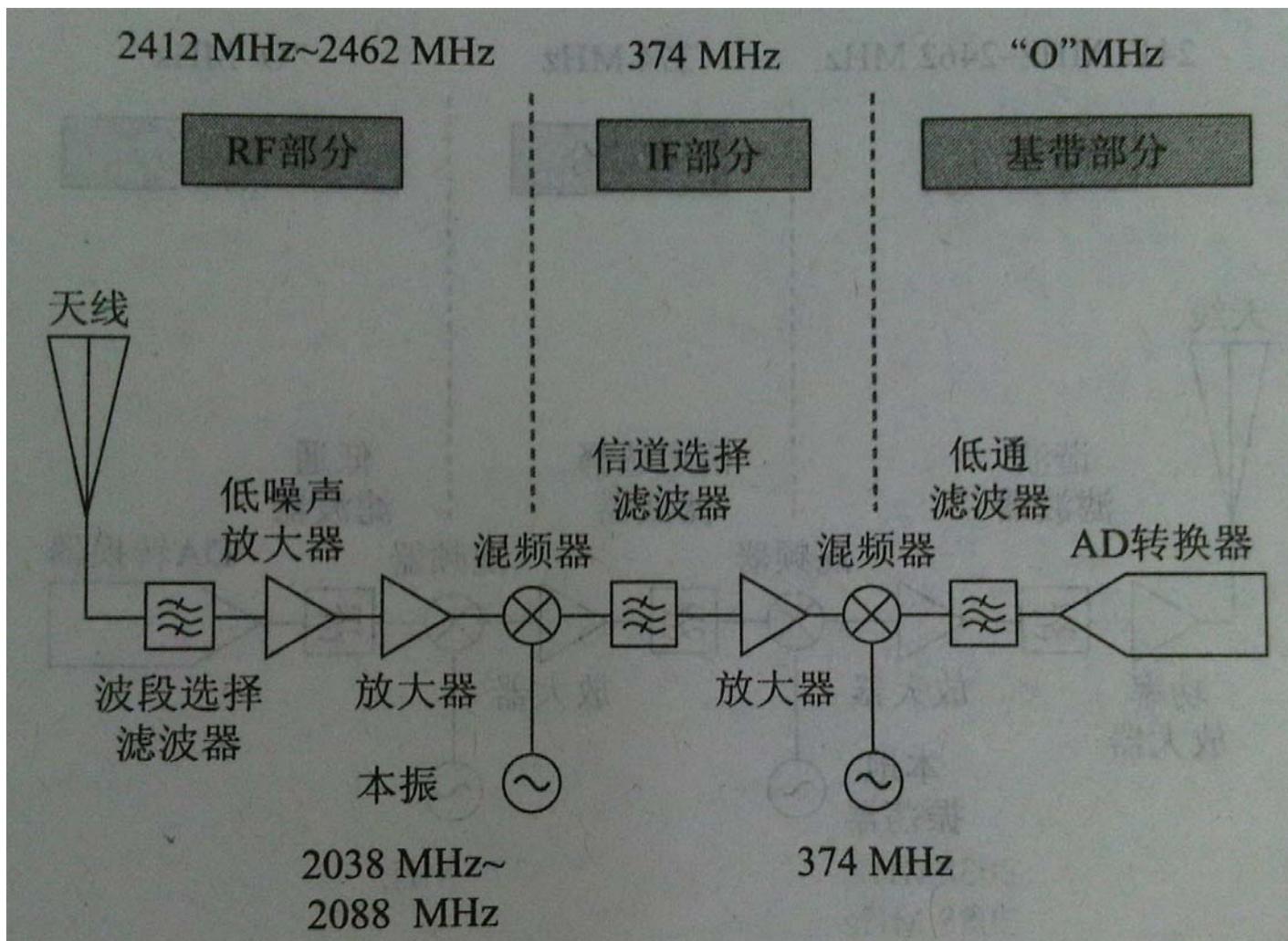
4.学习建议

- 射频



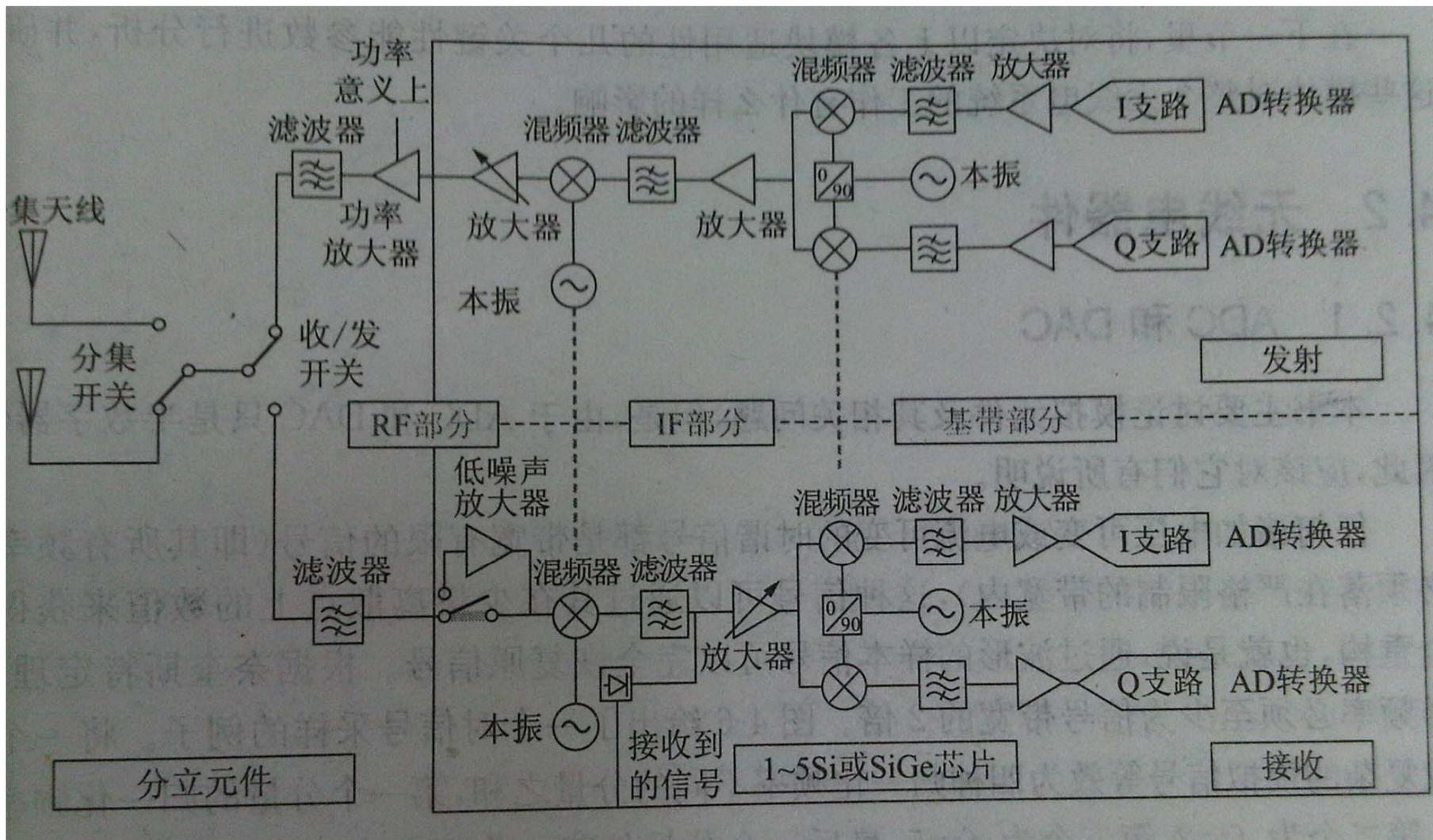
4.学习建议

- 接收机



4.学习建议

● 收发机



讲义提纲



1. 课程规则
2. 课程收获
3. 移动通信概览
4. 学习建议
5. 总结

5.总结

- 快乐的学习《宽带无线通信技术》
 - 没有：繁琐的公式推导
 - 有的：对通信理论背后物理意义的工程理解



5.总结

● 网络资源

➤ 电子科大图书馆



中文数据库

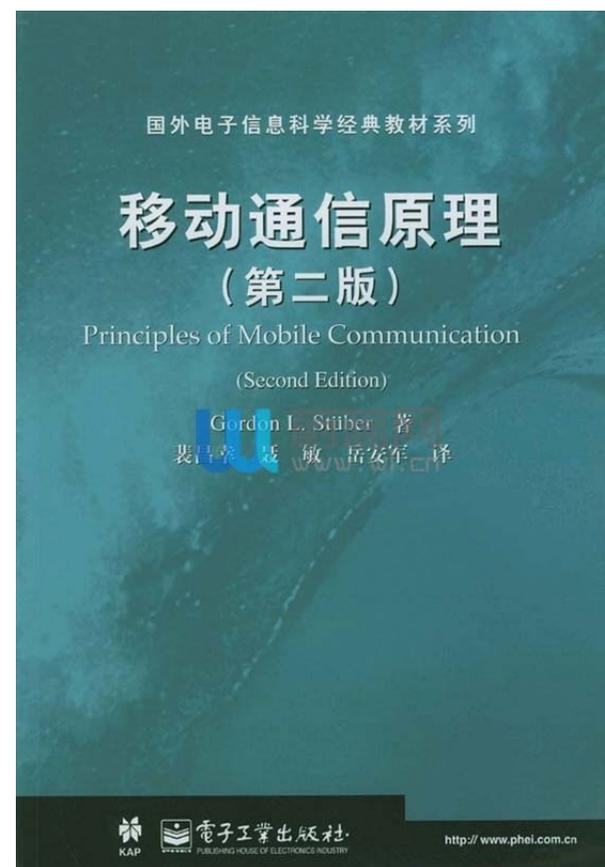
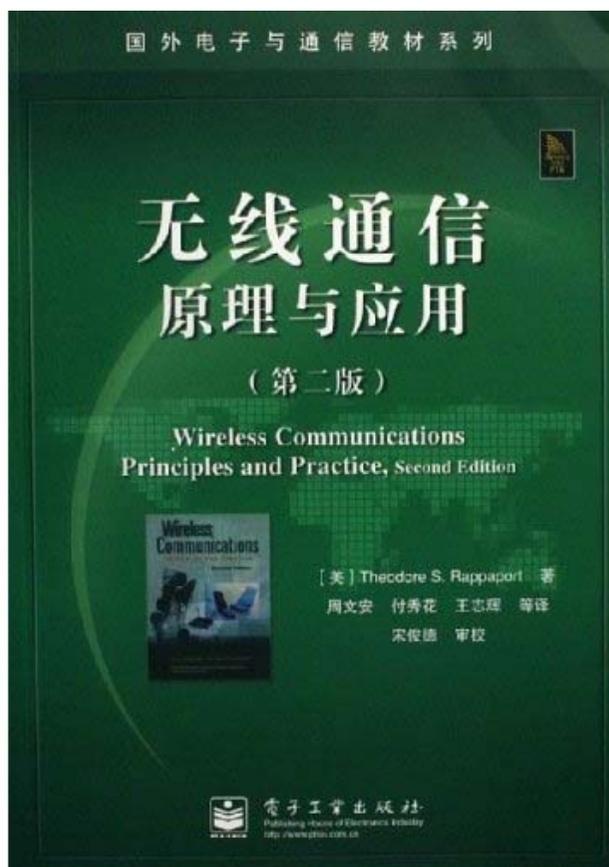
- ▶ 关于数字资源知识产权保护公告 数据库介绍 读者建议
- ▶ 中文电子期刊导航 数据库介绍 读者建议
- ▶ **中国知识资源总库 (CNKI)** 数据库介绍 读者建议
- ▶ 维普中文科技期刊全文数据库 数据库介绍 读者建议
- ▶ 万方数据资源系统 数据库介绍 读者建议
- ▶ 人大复印报刊资料 数据库介绍 读者建议
- ▶ 超星数字图书 数据库介绍 读者建议
- ▶ 读秀图书数据库 数据库介绍 读者建议

英文数据库

- ▶ 关于数字资源知识产权保护公告 数据库介绍 读者建议
- ▶ 西文电子期刊、会议录导航 数据库介绍 读者建议
- ▶ 中国链接服务 (cnpLINKer) 平台 数据库介绍 读者建议
- ▶ Swetswise Title Bank 期刊导航平台 数据库介绍 读者建议
- ▶ INSPEC 科学文摘 数据库介绍 读者建议
- ▶ Ei-Village (工程索引) 数据库介绍 读者建议
- ▶ **IEL (IEEE/IEE Electronic Library)** 数据库介绍 读者建议
- ▶ CSA (剑桥科学文摘) 数据库介绍 读者建议
- ▶ DII (德温特世界专利索引) 数据库介绍 读者建议
- ▶ Science Online (科学在线) 数据库介绍 读者建议

5.总结

- 无线移动通信基础原理性书籍
 - 《无线通信原理与应用》，第2版，电子工业出版社；
 - 《移动通信原理》，第2版，电子工业出版社。

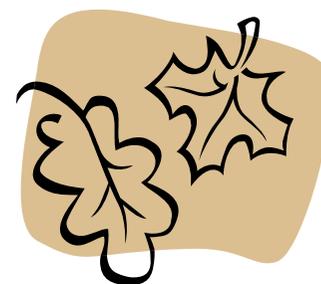


第2讲：无线信道

一切移动通信技术皆为之服务



谢谢!



赵宏志，教授

电话: 86+28+61830323

E-mail: lyn@uestc.edu.cn

邮政编码: 610054, 四川省成都市电子科技大学通信抗干扰技术国家重点实验室