

# 第1章 现代通信及应用概述

1.1 通信与现代通信

1.2 信息时代与现代通信

1.3 通信技术应用概述

# 1.1 通信与现代通信

## 1.1.1 通信的历史演进

从通信的发展可以看到社会的进步的过程。通信发展的历史虽然没有明确的界限，但大致可以分为三个阶段，即古代通信、近代通信、现代通信。

### 1. 古代通信

在远古时候，我们的祖先就已经能够在一定范围内借助于呼叫、打手势或采取以物示意的办法来相互传递一些简单的信息，至今在我们的生活中仍然能找到这些方式的影子，如旗语（通过各色旗子的舞动），号角、灯塔、喇叭、击鼓敲锣、风筝、信号树、信鸽等。

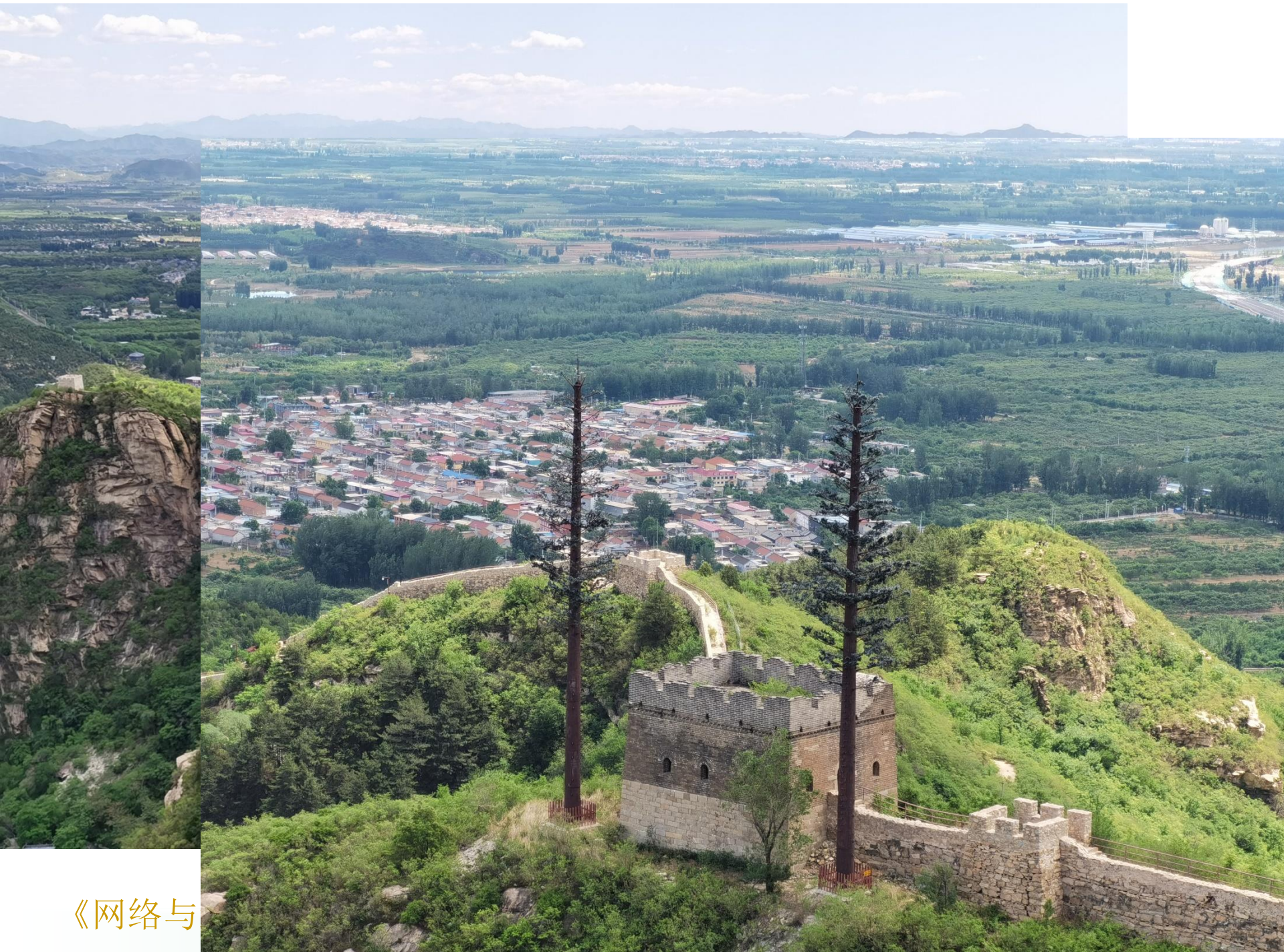
烽火通信作为一种原始的声光通信手段，是通过烽火及时传递军事信息的，远在周代时就服务于我国军事战争。烽火台的布局十分重要，它分布在高山险岭或峰回路转的地方，而且必须是要3个台都能相互望见，以便于看见和传递。

如图1.1所示，为我们展现了距今2000多年前我国西北边陲“谨侯望，通烽火”的历史遗迹。



烽火通信遗址





《网络与



古代通信的方式虽然非常简单，非常原始，但它基本上满足了当时人们的生活需要

## 2. 近代通信

### 1) 电报与电话的发明

19世纪30年代随着电的发明与应用，不少科学家在法拉第电磁感应理论的启发下，开始了利用电来传送信息的试验。俄国外交家希林格和英国青年库克等都相继制造出了电报机。

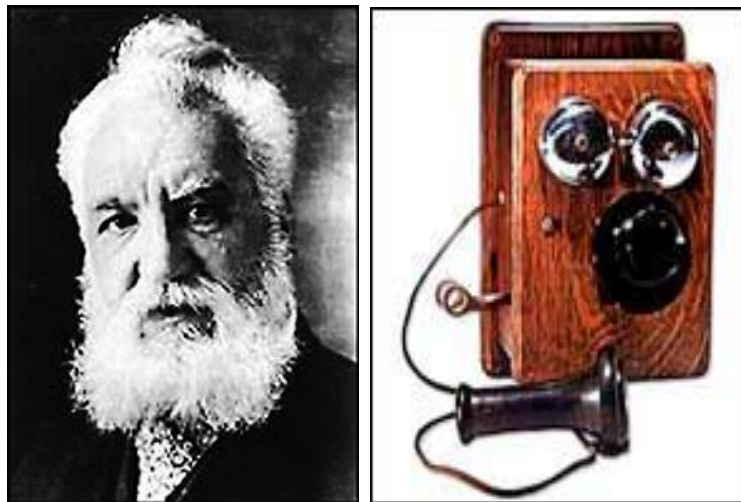
1832年，莫尔斯开始对电磁学产生浓厚兴趣，1834年，他利用电流通—断的原理，发明了用电流的“通”和“断”来编制代表字母和数字的代码，人称“莫尔斯电码”。后来他在助手维尔德的帮助下，制成了举世闻名的莫尔斯电报机。

在1896年德国建立了电报局如图1.2所示。



1896年德国柏林中央电报局

1876年，亚历山大格雷厄姆贝尔利用电磁感应原理发明了电话，预示着个人通信时代的开始。



贝尔及其发明的电话机

1879年，第一个专用人工电话交换系统投入运行。1882年2月，丹麦大北电报公司在上海外滩扬于天路办起我国第一个电话局，用户25家。



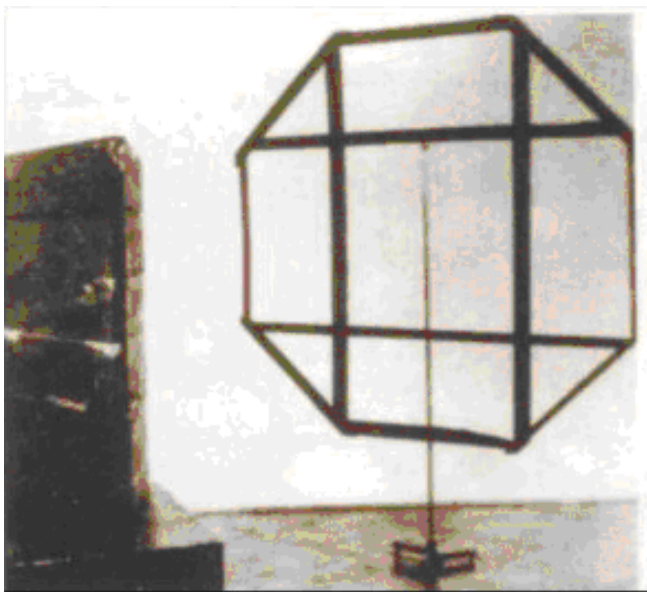
1898年，中国上海的电话交换局



### 2) 无线电通信的诞生

电报，电话的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。无线通信与早期的电报、电话通信不同，它不是依靠有形的金属导线，而是利用无线电波来传递信息的。

1888年，赫兹制作的简易电磁波发射和接收装置如图所示。



1895年，20岁的意大利青年马可尼发明了无线电报机。开创了人类利用电磁波进行通信的历史。



无线电通信的创始人马可尼

1912年，豪华客轮“泰坦尼克号”在首航时与冰山相撞，因船上电报出了故障，导致它与外界的联系中断了7个小时。最终酿成了1517人葬身海底的震惊世界的惨剧。

### 3) 广播与电视的出现

- 1906年，继英国工程师弗莱明发明真空二极管之后，美国人福雷斯特又制造出了世界上第一个真空三极管。
- 1906年，美籍加拿大人费森登在纽约附近设立了世界上第一个广播站。
- 1925年，英国人贝尔德发明了机械扫描式电视机。
- 1936年，电视转播在柏林举行的第6届奥林匹克运动会。

### 3. 现代通信

电话、电报从其发明的时候起，就开始改变人类的经济和社会生活。但是，只有在以计算机和数字通信融合为代表的信息技术，特别是通信信息网络进入商业化以后，才完成了近代通信技术向现代通信技术的转变。

- 20世纪60年代，彩色电视问世；阿波罗宇宙飞船登月；数字传输理论与技术得到迅速发展；
- 20世纪70年代，商用卫星通信、程控数字交换机、光纤通信系统投入使用；
- 20世纪80年代，开通数字网络的公用业务，个人计算机和计算机局域网出现；
- 20世界90年代，蜂窝电话系统开通，各种无线通信技术不断涌现，光纤通信得到迅速普遍的应用。



以微电子和光电技术为基础，以计算机和通信技术为支撑，以信息处理技术为主题的信息技术（Information Technology，简称IT）正在改变着我们的生活，数字化信息时代已经到来。

### 1.1.2 通信的定义

1973年有关国际电信公约及规定将“电信”这一基本术语定义为：利用有线电、无线电、光学或其它电磁系统对于符号、信号、文字、影像、声音或任何信息的传播、发射或接收。

以上谈到的电信，就是本课程讲的“通信”。简言之，通信就是信息的传递与交流。

**模拟通信**传递的电信号在时间上、瞬时幅值是连续的。

**优点：**技术成熟、设备简单、成本低。

**缺点：**干扰严重、频带不宽、频带利用率不高、信号处理难、不易集成和设备庞大。

### 1.1.3 现代通信基本概念

什么是现代通信？它是从何开始的呢？现代通信离不开“时代”和科学技术发展的特定环境。

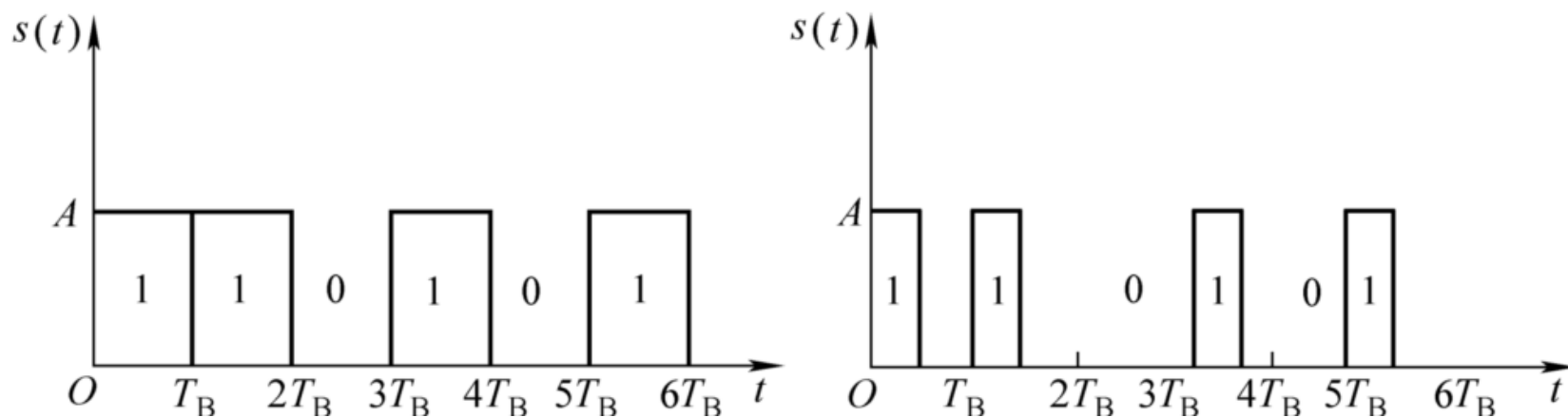
1970年世界上第一台数字程控交换机在巴黎投入使用。从此开始了用数字信号（瞬时幅值离散的信号）来交流和传递信息。信息传递和交流发生了根本性的变革。

#### 1. 现代通信的基本特征——数字化

要实现信息化，数字技术是关键。综观我们已经使用的信息产品(如数字光盘、数字家电、数字影碟机、数字声响设备)；通信技术与装备(如数字交换机、数字传输设备)以及更广泛的信息技术(如数字通信、数字光纤通信、数字卫星通信、数字移动通信、综合业务数字网、数字电视系统等)，无不在这些通信技术前加上

现代通信的基本特征即为数字化，即在通信中采用了数字技术。

简单地讲，“数字技术”就是数字信号的采集、加工、处理、运算、传递、交流、存储等所采用的技术的总称。这里谈到的数字信号，在通信原理中定义为，在时间上，瞬时幅值均离散。





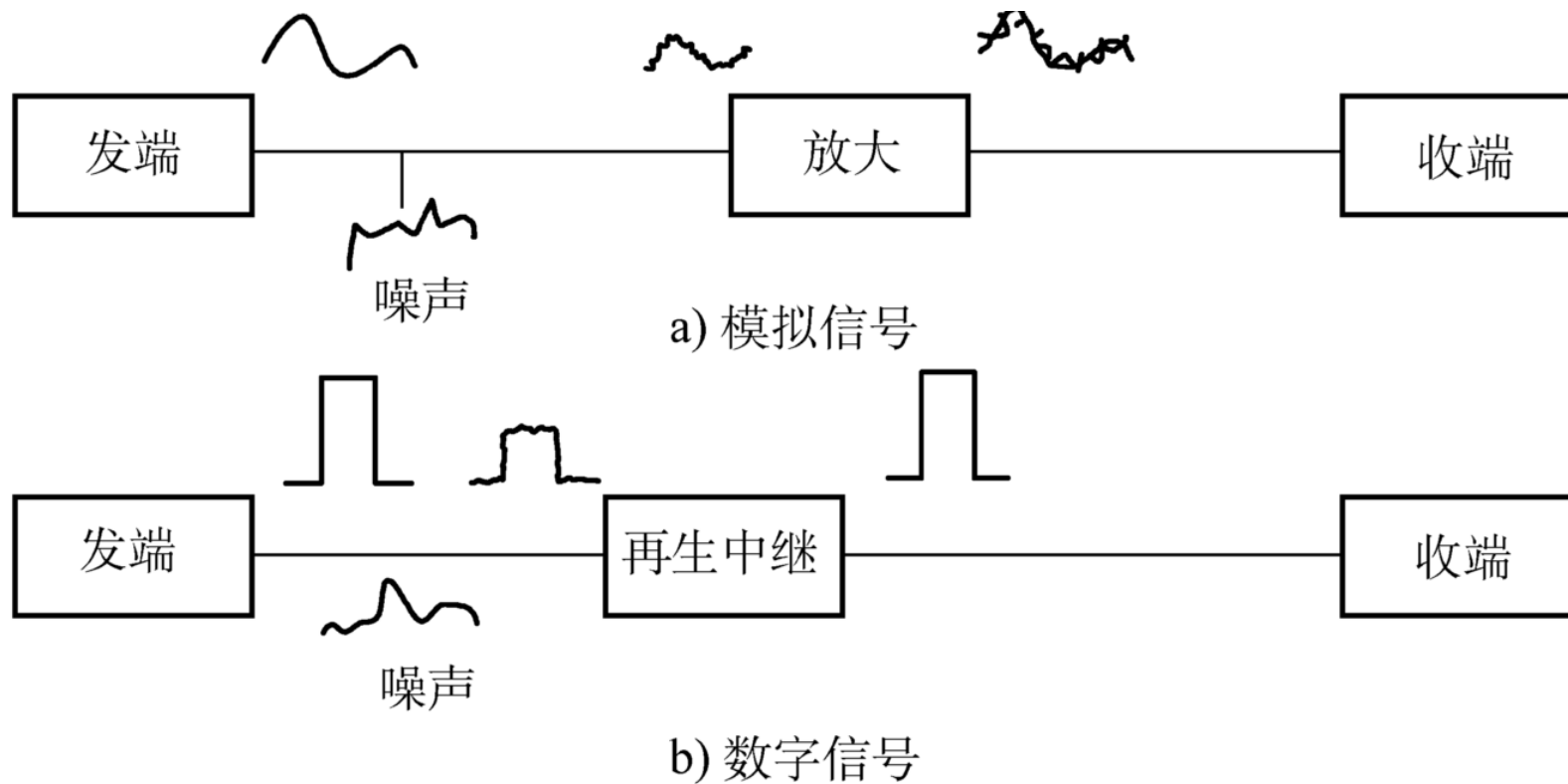
数字信号及数字通信有许多独特的优点：

- 1)数字信号便于存储、处理（加密等）。
- 2)数字信号便于交换和传输。
- 3)数字信号便于组成多路通信（系统）。
- 4)便于组成数字网。
- 5)数字化技术便于通信设备小型化、微型化。
- 6)数字通信抗干扰性强，噪声不积累。

### 6) 数字通信抗干扰性强，噪声不积累

**模拟通信：**由于传输的信号是模拟信号（幅值是连续的），因此难以把噪声干扰分开而去掉。随着距离的增加，信号的传输质量会越来越恶化。

**数字通信：**传输的是数字脉冲信号，这些信号在传输过程中，也同样会有能量损失，受到噪声干扰，当信噪比还未恶化到一定程度时，可在适当距离或信号终端经过再生的方法，使之恢复为原来的脉冲信号波形。消除了干扰和噪声积累，就可实现长距离高质量的通信。



## 两类通信方式抗干扰性能比较

### 2. 现代通信技术的基础——微电子技术

一片芯片上集成上百亿个元件，并正在向极限挑战。

摩尔定律是由Intel创始人之一Gordon Moore提出来的。其内容为：当价格不变时，集成电路上可容纳的晶体管数目，约每隔18个月便会增加一倍，性能也将提升一倍。这一定律揭示了信息技术进步的速度。

### 3. 现代通信技术的核心——计算机技术

通信与计算机融为一体，这使通信技术得到了飞跃发展，我们把数字通信与计算机技术的融合称为现代通信。



## 4. 光纤通信基础——光子技术

20世纪70年代，美国首先制成了实用的玻璃光导纤维——光纤，使光纤通信成为现实。

## 5. 卫星通信基础——空间技术

通信卫星送到各种轨道的技术已经成熟，三颗同步卫星的通信范围即可覆盖全球。

### 1.2 信息时代与现代通信

#### 1.2.1 信息时代的概念

从20世纪90年代走向以信息技术为核心的知识经济时代，这就是所谓的**信息时代**。

20世纪末，人类逐渐把计算机技术作为工具使用。特别是它与数字通信融合发展到现代通信，使信息技术飞跃发展，信息技术深入、广泛应用成为这个时代的主要标志。

### 1.2.2 信息技术与信息化

信息化的概念最早是20世纪后期日本学者从社会产业结构演进的高度提出来的。

所谓**信息化**就是工业社会向信息社会前进的一个过程，亦即加快信息高科技发展及其产业化，提高信息技术在经济社会各领域的推广、使用水平，并推动经济和社会发展的过程。

简言之，**信息化**即为信息技术的不断发展、深入、全面应用的过程。

### 什么是信息技术呢？

- 从信息功能方面：信息技术是解放、扩展人信息功能的技术；
- 从物理概念方面：信息技术是研究完成信息采集、加工、处理、传递、再生和控制的技术。

信息技术可视为由“四基元”：感测技术、通信技术、智能技术、控制技术组成。



### 1.2.3 通信技术在信息化中的地位与作用

信息化是工业社会向信息社会前进的一个过程，是信息技术推广应用和发展的过程。在这样一个过程中，关键是要进行信息化建设与应用。

信息化建设与应用有三个层面：

- 1) 信息基础设施建设主要指信息高速公路（宽带通信网络）的建设；
- 2) 信息技术与信息资源开发与广泛应用；
- 3) 信息产业的不断发展与创新。

### 1.3 通信技术应用概述

#### 1.3.1 通信与生活

电话、移动电话、电视、Internet、远程教育、在家里工作、智能小区、远程医疗、电子商务.....

#### 1.3.2 通信与电子政务

信息社会——即社会信息化。社会信息化的基础就是政府信息化。

电子政务是政府信息化的重要标志。

电子政务是指：政府部门通过通信网络以实现对社会公众的服务。

### 1.3.3 通信与企业信息化

信息化程度的竞争，即信息科技含量以及信息技术在企业管理和自动化生产中的应用程度。

#### 1、制造业信息化及有关评价指标

- ✓ 信息化投入占固定资产投资比重（%）
- ✓ 百人计算机拥有量
- ✓ 通信网络性能水平
- ✓ 计算机联网率
- ✓ 信息采集的信息化手段覆盖率
- ✓ 办公自动化应用程度

2、电力部门信息化又称为数字电力

电力调度、监控

3、交通运输信息化

智能交通系统(Intelligent Transport System)

### 1.3.4 通信与商务信息化

在信息时代通过通信网络实现的商品购物或商品交易，称为电子购物又称之为电子商务。

### 1.3.5 通信与军事

当今信息时代，通信在军事的作用某种意义上起到了非常重要的作用，甚至可以说是起到了关键性的作用，也可以说没有通信技术的应用就不可能有现代战争，有的称之为信息战争、数字战争。

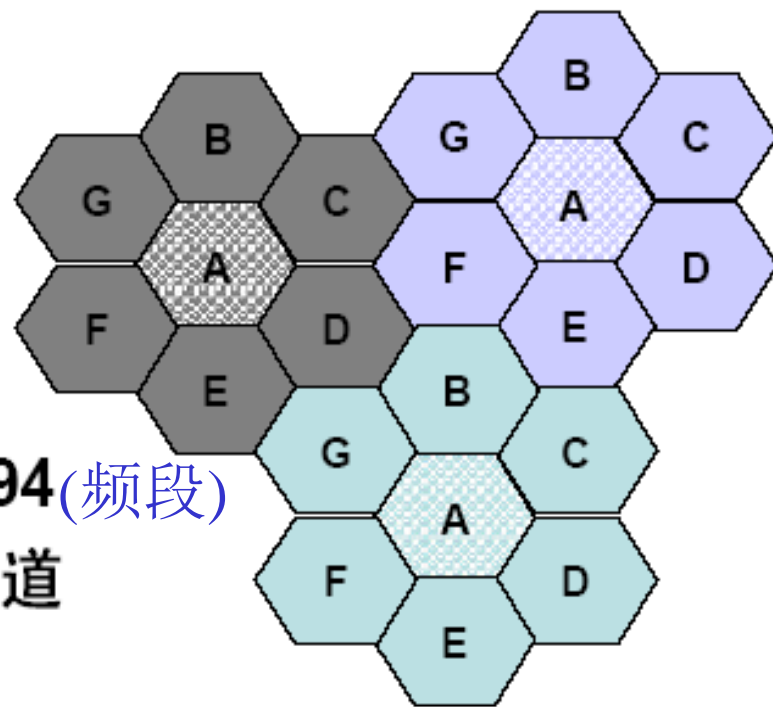
# 移动无线通信网络的发展



## 第一代移动电话— 语音

- ❑ 关键技术
  - 较小的覆盖区域（cell）
  - 频率的重用
- ❑ 每个cell采用一组频率
- ❑ 相邻cell所采用的频率不同
- ❑ AMPS共有832个信道
  - 发送:824~849/接收:869~894(频段)
  - 每个为30kHz的单工双向通道
  - 采用FDM

无统一的标准



## 第二代移动电话（2G）—— 数字语音

### 各种制式

- **D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System)**
- **GSM (Global System for Mobile communications)**
- **CDMA (Code Division Multiple Access)**
- **PDS ( 基于D-AMPS, 日本制式)**

无统一的标准

## 2G—D-AMPS（美国）

- 国际标准是IS-54/IS-136
- 与AMPS兼容（模拟和数字混合模式）
- 采用850MHz和1900MHz频带
- 语音的数字化工作由手机完成
- 数字化+TDM



**D-AMPS: Digital Advanced Mobile Phone System**

## 2G—GSM（全球通）

- 采用FDM技术（发送和接收频率不同）
  - 共有124对单工信道
- 在每个频段又采用TDM为多个用户提供服务
- GSM的频段更宽，数据率高于D-AMPS
- 信道控制
  - 广播控制信道（基站发布信息）
  - 专用控制信道（呼叫建立）
  - 公共控制信道（访问请求）

GSM: Global System for Mobile communications

## 2G—CDMA

(Code Division Multiple Access)

- 国际标准是IS-95
- CDMA的特点
  - 每个站使用整个频段发送信号；
  - 多个站的信号可以线性叠加；
  - 利用编码技术分离并发的传输；
- CDMA的关键
  - 接收端能提取出期望的信号，同时拒绝所有其它的信号，并把这些信号当作噪声。

## 2.5G——语音为主兼顾数据

- **EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution)**
  - GSM的增强版本
  - 更高的数据率
- **GPRS (General Packet Radio Service)**
  - 层叠分组网络(GSM)
  - 在语音系统的cell中发送/接收IP分组

GSM → GPRS → EDGE (384Kbps) → EGPRS (470 Kbps)



## 第三代移动电话（3G）—— 数字语音和数据

**IMT 2000**（International Mobile Telecommunication 2000）——国际移动通信系统2000，第三代移动通信系统....“3G的学名

**2000的含义:**在公元**2000**年左右开始使用；在**2000MHz**左右的频率上使用；支持的业务速率可以达到**2Mbps**以上。

- 高质量的语音传输
- 消息机制（取代email、fax、SMS、chat...）
- 多媒体（听音乐、看视频/电影/电视...）
- 访问Internet
- 视频会议、群玩游戏、e-commerce...

实现

- ◇室内用户2Mbps
- ◇行走用户384kbps
- ◇车内用户144kbps

# IMT-2000

- **W-CDMA (Wideband CDMA)**

- 频分双工直接序列扩频
- 欧, 日, 韩, 中

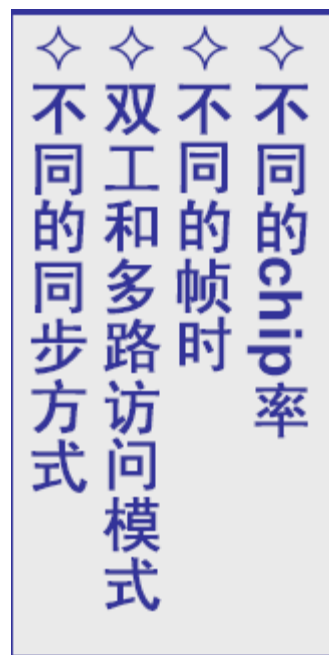
- **CDMA2000**

- 频分双工多载波CDMA
- 基于IS-95并与之兼容
- 美国

- **TD-SCDMA**

- 大唐, 西门子

两者比较



比如: W-CDMA频带3.84MHz

cdma2000 1.2288M

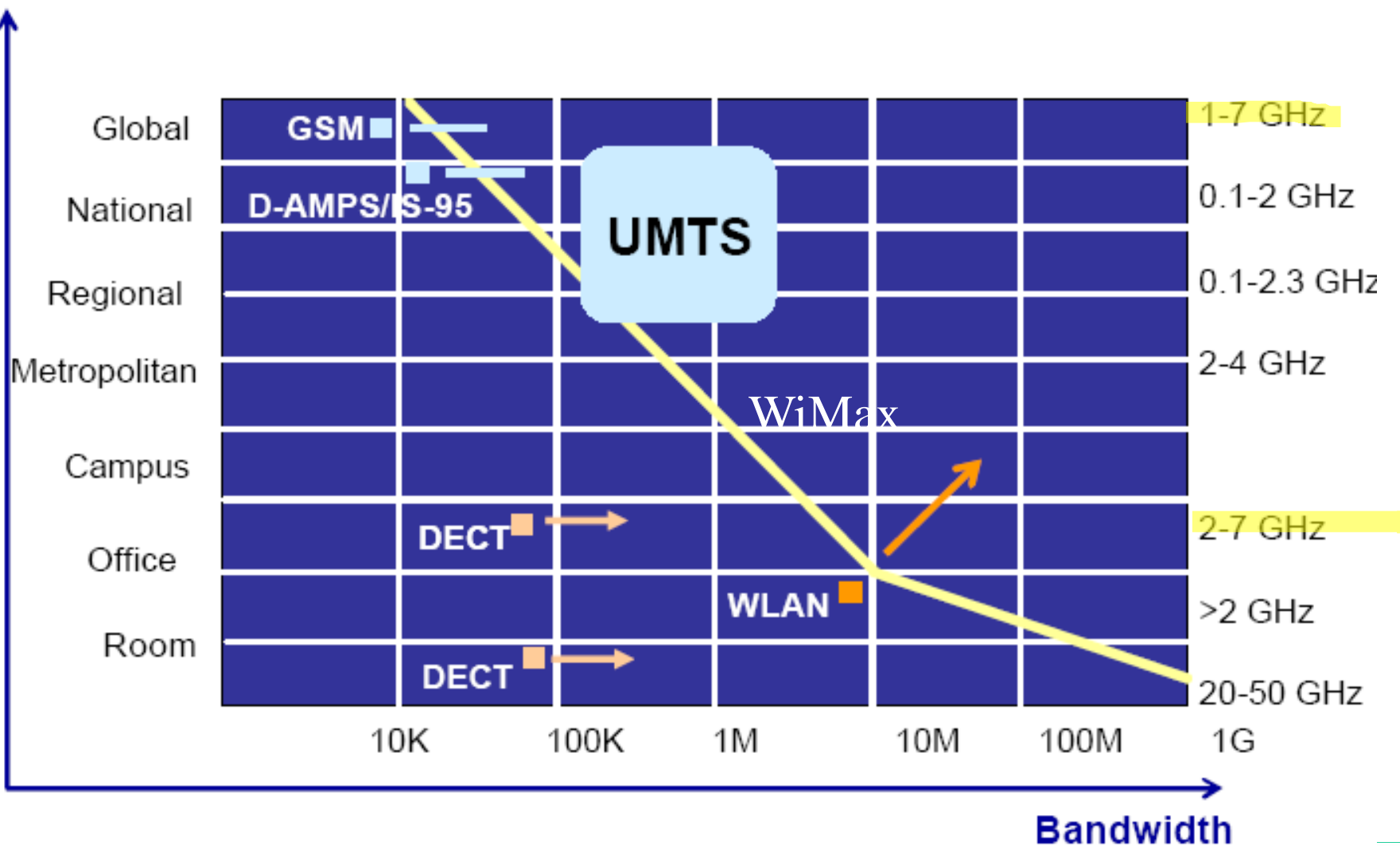
cdma2000小区间同步

而W-CDMA 小区间异步

# UMTS: 全球移动通信系统

- UMTS(Universal Mobile Telecommunications System) 是国际标准化组织3GPP制定的全球3G标准之一
- 多cell环境下的全球无缝操作
- 全球漫游: 多模式、多波段、低成本终端, 便携服务 & QoS
- 与Internet的多媒体接口
- 基于核心GSM, 与IMT-2000一致
- 主体包括CDMA接入网络和分组化的核心网络等一系列技术规范 and 接口协议。

# 2G/3G 移动和带宽的折衷



## TD-SCDMA

- **TD-SCDMA (Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access)** 时分同步码分多址
- 我国知识产权为主
- 中国移动部署基于**TD-SCDMA**的**3G**网络和业务在全国多个大城市展开

## 3G面临的应用问题

- 制式标准仍然不统一，标准间不兼容
- 核心网络不基于IPv6，无法实现全球漫游
- 不支持高速流媒体业务
- 不支持与WLAN、FWA、PAN的互联
- 3G通信系统仍无法满足多媒体通信的要求，因此第四代移动通信系统（4G）应运而生



## Relation between 3G and 4G



### 从2G到4G的演进过程

3G

- ▶ 市场培育作用
- ▶ 4G的过渡阶段
- ▶ 从网络的平滑演进方面来说，3G系统也是必不可少的一个阶段

4G

- ▶ 解决3G系统的缺陷、提供完善理想化的技术体系
- ▶ 4G系统将会取代3G系统是通信系统发展的必然趋势

# 第四代移动通信的提出

## ——未来无线应用的需求

- 在不同的固定、无线平台和跨越不同的频带的网络中提供无缝的无线服务与应用
- 在任何地方宽带接入互联网:提供Real-time video、VoD、VoIP、MMS、Virtual Reality、Tele-conference、Internet browser、Audio/Video mail、chatting、Interactive game等多媒体业务
- 提供增值业务如银行转帐、移动支付、股票交易、信用卡、保险、教育等
- 提供信息通信之外的定位定时、数据采集、远程控制等综合功能与服务

# 第四代移动通信的提出

## ——未来无线应用的需求

❑ 全球统一的标准体系，多种系统、多种服务的兼容性

❑ Satellite Broadband / S-UMTS

❑ Broadcasting: DVB-S / DVB-T / DAB

❑ Cellular: GSM / GPRS / EDGE, UMTS / UMTS+

❑ WLL: Broadband FWA / MWS / Xmds

❑ LAN: HyperLAN / WLAN / Bluetooth / IR

❑ PAN / Body-LAN

All  
-IPv6  
-based

❑ 更高速率的空中接口，移动Internet接入，更先进的多媒体应用

❑ 个性化服务

❑ 更大的系统容量，更便捷的接入技术

❑ 更有效的频谱利用率

❑ 自适应网络优化配置 / 可重新配置能力

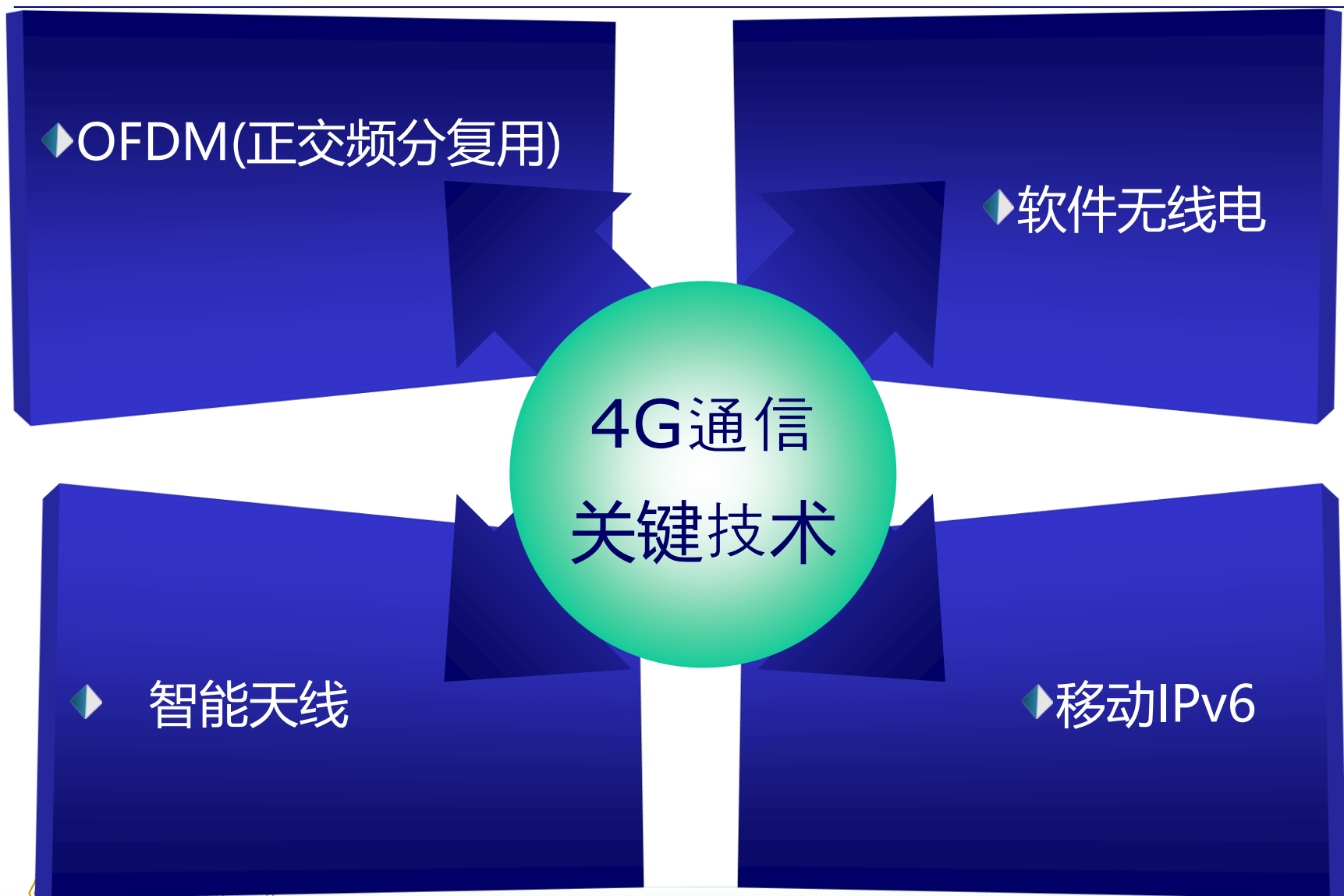
## 4G的定义-----基本概念

- 所谓4G技术，指的是第四代移动通信技术(the 4th Generation)，该技术能进一步提高数据传输速度，是集3G与WLAN于一体并能够传输高质量视频图像，且图像传输质量与高清晰度电视不相上下的技术产品。
- 4G是3G技术的进一步演化，是在传统通信网络和技术的基础上不断地提高无线通信的网络效率和功能。同时，它包含的不仅仅是一项技术，而是多种技术的融合。不仅仅包括传统移动通信领域的技术，还包括宽带无线接入领域的新技术及广播电视领域的技术。
- 概括4G技术就是两句话：一是4G能够提供高速移动网络宽带服务；二是4G基于全球移动通信LTE标准(即Long Term Evolution，简称LTE，长期演进技术)之上。

## 4G的定义-----4G的技术指标

- 数据速率从2Mbps到100Mbps
- 容量达到第三代系统的5~10倍，传输质量相当于甚至优于第三代系统，广带局域网应能与宽带综合业务数据网（B-ISDN）和异步传送模式（ATM）兼容，实现广带多媒体通信，形成综合广带通信网
- 条件相同时小区域覆盖范围等于或大于第三代系统
- 具有不同速率间的自动切换能力，以保证通信质量
- 网络的每比特成本要比第三代低

# 4G移动通信系统中关键技术简介



## 4G移动通信系统中关键技术简介

**OFDM:** 将信道分成若干正交子信道，将高速数据信号转换成并行的低速子数据流，调制在每个子信道上进行传输。

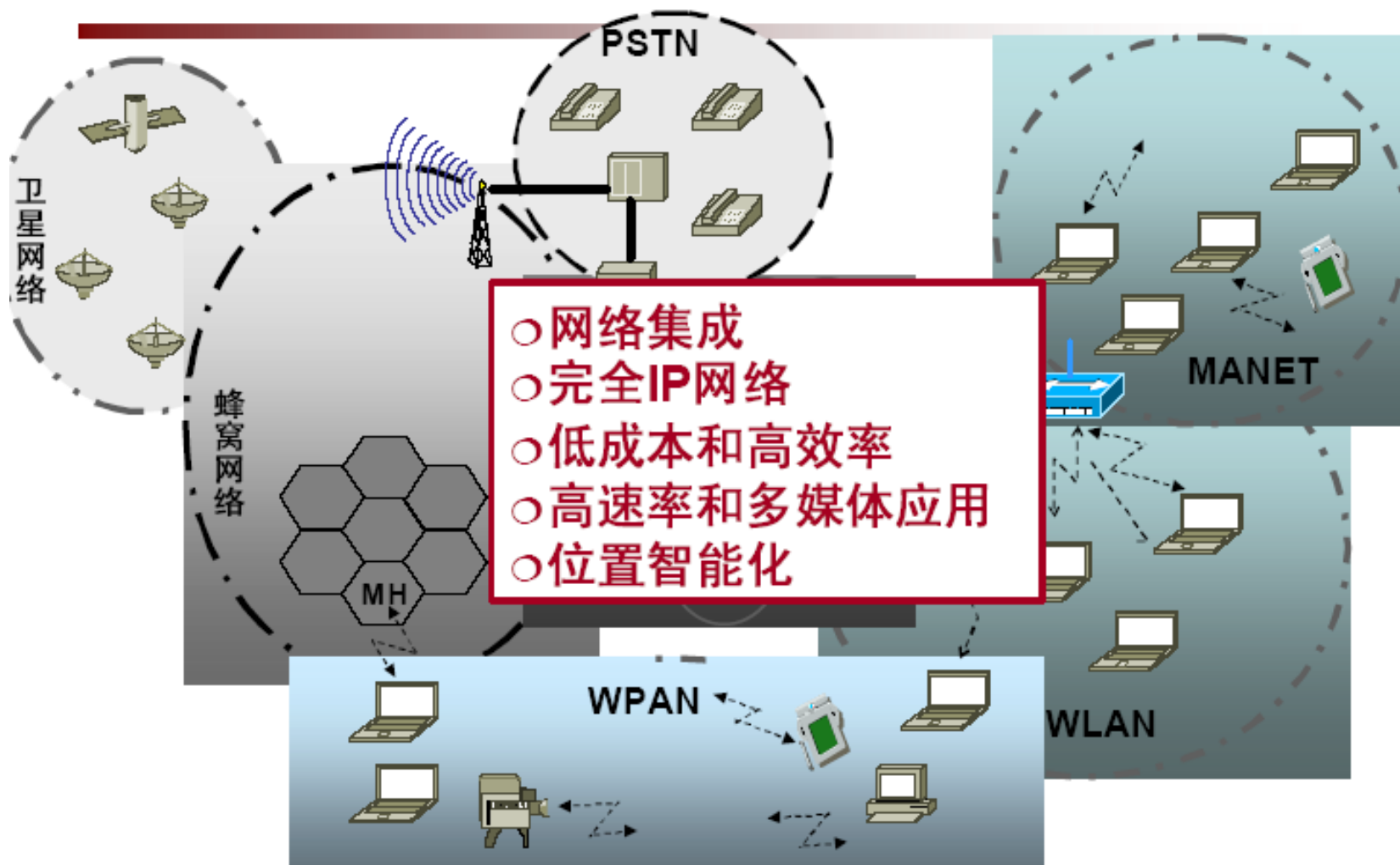
**软件无线电:** 采用数字信号处理技术，在可编程控制的通用硬件平台上，利用软件来定义实现无线电台各部分功能（包括前端接收、中频处理以及信号的基带处理等）的一种技术。

**智能天线:** 具有抑制信号干扰、自动跟踪以及数字波束调节等智能功能，被认为是未来移动通信的关键技术，其基本工作原理是根据信号来波的方向自适应地调整方向图，跟踪强信号，减少或抵消干扰信号。

**移动IPv6:** 4G通信系统选择了采用基于IP的全分组的方式传送数据流，因此IPv6技术将成为下一代网络的核心协议。选择IPv6协议主要基于两点的考虑，一是足够的地址空间，另外是支持移动性管理，这两点是IPv4不具备的。



## 第四代移动通信系统



- **1G**主要解决可以语音通信的问题;
- **2G**可解决优质通信、多人通信、安全通信,可以达到基本上网要求;
- **3G**在2G的基础上,发展了多媒体通信,并提高了通话安全性,解决了高速数据传输问题,最高理论速率为14.4MB/s;
- **4G**是专为移动互联网而设计的通信技术,从网速、容量、稳定性上相比之前的技术都有了跳跃性的提升,传输速度可达100MB/s,甚至更高。

• **那么, 5G将为我们带来什么?**



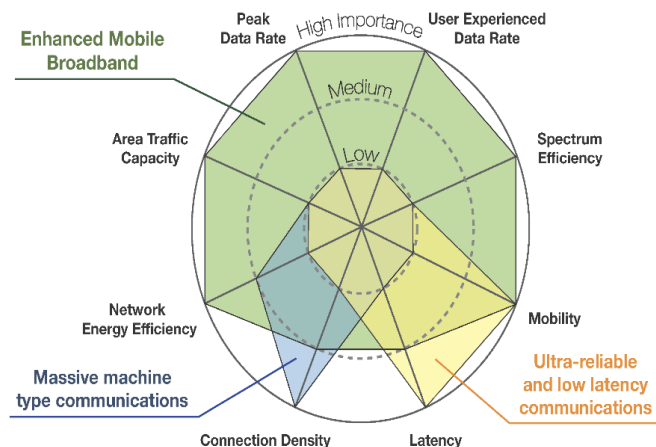
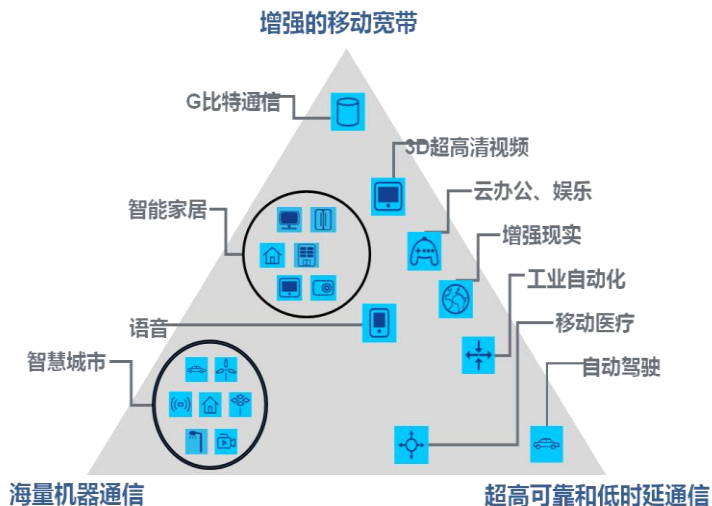
## 5G与4G的对比

- 总的来说，5G相比4G有着很大的优势：
- 在容量方面，5G通信技术将比4G实现流量增长1000倍；
- 在传输速率方面，提升10到100倍，终端到终端时延缩短5倍；
- 接入性方面：可联网设备的数量增加10到100倍；
- 在可靠性方面：电池续航时间增加10倍。
- 由此可见，5G将在方方面面全面超越4G，实现真正意义的融合性网络。

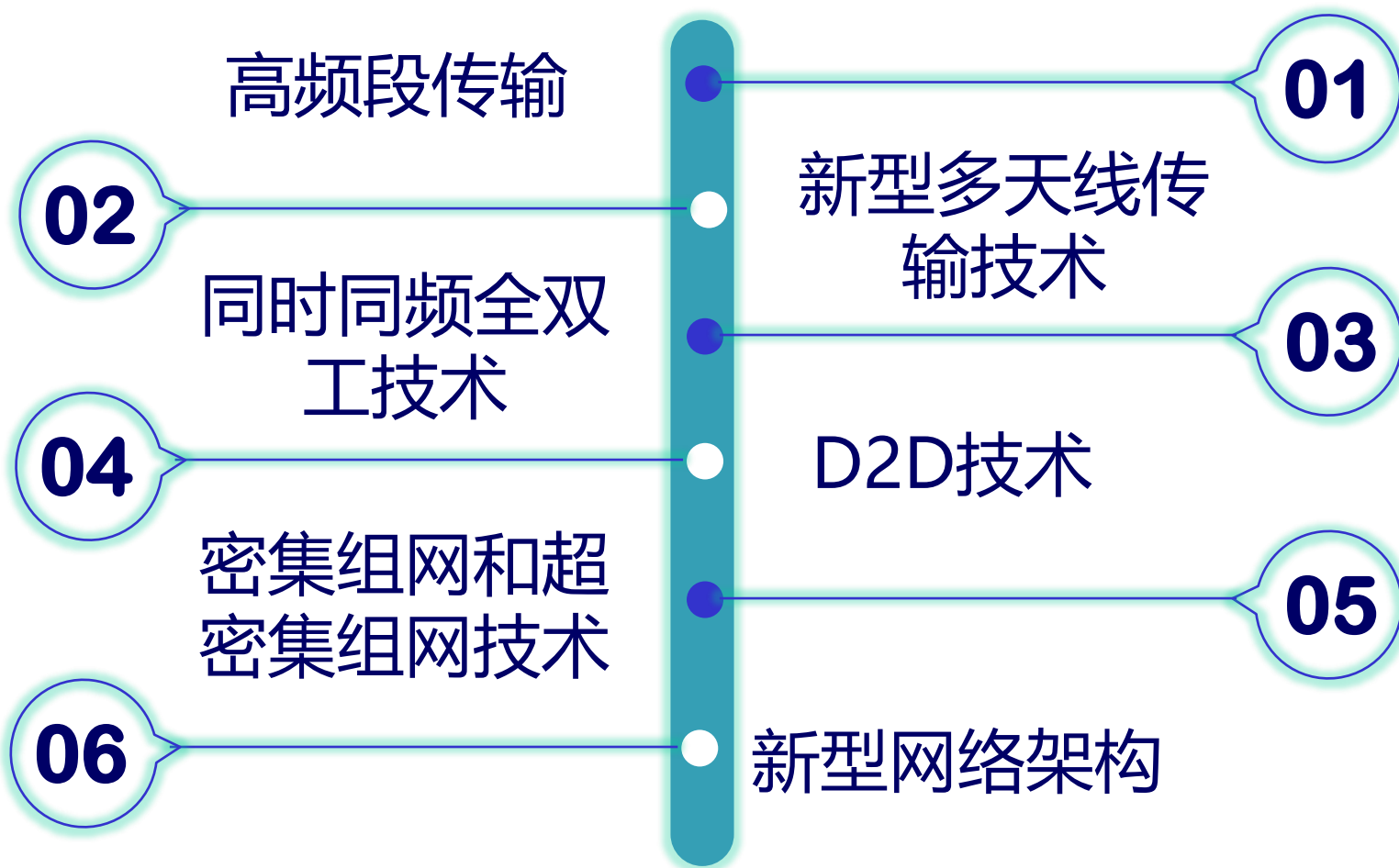


## ITU定义的5G八大关键能力

指标名称	流量密度	连接数密度	时延	移动性	能效	用户体验速率	频谱效率	峰值速率
4G参考值	0.1 Tbps/Km <sup>2</sup>	10万/km <sup>2</sup>	空口10ms	350Km/h	1倍	10 Mbps (urban/suburban)	1倍	1Gbps
5G取值	10 Tbps/Km <sup>2</sup>	100万/Km <sup>2</sup>	空口1ms	500 Km/h	100倍提升 (网络侧)	0.1-1Gbps	3倍提升 (某些场景5倍)	20Gbps



## 5G的关键技术



## 5G的关键技术

01

### 高频段传输

- 足够量的可用带宽、小型化的天线和设备、较高的天线增益是高频段毫米波移动通信的主要优点，但也存在传输距离短、穿透和绕射能力差、容易受气候环境影响等缺点。射频器件、系统设计等方面的问题

02

### 新型多天线传输技术

- 由于引入了有源天线阵列，基站侧可支持的协作天线数量将达到128根。此外，原来的2D天线阵列拓展成为3D天线阵列，形成新颖的3D-MIMO技术，支持多用户波束智能赋型，减少用户间干扰，结合高频段毫米波技术，将进一步改善无线信号覆盖性能

03

### 同时同频全双工技术

- 利用该技术，在相同的频谱上，通信的收发双方同时发射和接收信号，与传统的TDD和FDD双工方式相比，从理论上可使空口频谱效率提高1倍。

## 5G的关键技术

04

### D2D技术

- 这是一种在系统的控制下，允许终端之间通过复用小区资源直接进行通信的新型技术，它能够增加蜂窝通信系统频谱效率，降低终端发射功率，在一定程度上解决无线通信系统频谱资源匮乏的问题。

05

### 密集和超密集组网技术

- 超密集网络能够改善网络覆盖，大幅度提升系统容量，并且对业务进行分流，具有更灵活的网络部署和更高效的频率复用。未来，面向高频段大带宽，将采用更加密集的网络方案，部署小小区/扇区将高达100个以上

06

### 新型网络架构

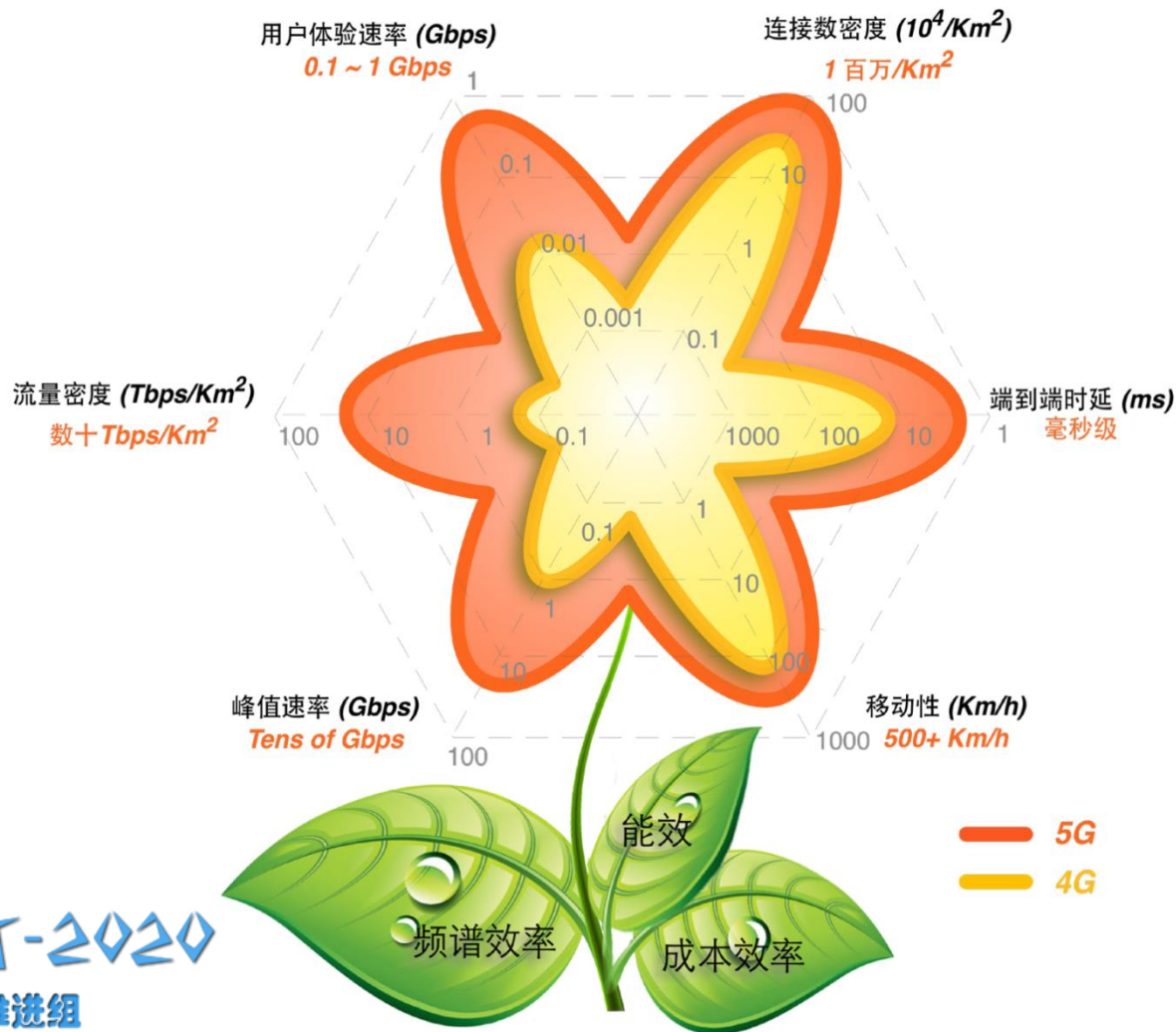
- 未来5G可能采用C-RAN接入网架构。C-RAN的基本思想是通过充分利用低成本高速光传输网络，直接在远端天线和集中化的中心节点间传送无线信号，以构建覆盖上百个基站服务区域，甚至上百平方公里的无线接入系统





## 5G发展需求

### ➤ 中国IMT-2020 (5G) 推进组关键技术指标要求



#### 5G vs 4G

##### ◆ 规模和场景

- ✓ 十倍用户数密度增长
- ✓ 百倍数据流量密度增长
- ✓ 两倍移动速率增加

##### ◆ 数据率

- ✓ 千倍单位面积容量增长
- ✓ 百倍用户体验速率增长
- ✓ 几十倍峰值传输速率增长

##### ◆ 时延

- ✓ 十倍端到端延时降低

##### ◆ 能耗和成本

- ✓ 百倍能效增加
- ✓ 十倍谱效增加
- ✓ 百倍成本效率增加

啥子是6G?

本章完

本章无作业