

计算机网络与无线通信技术

上海海事大学物流研究中心

计算机网络概念和原理

计算机网络概念

- 概括起来说，一个计算机网络必须具备以下3个基本要素：
- ① 至少有两个具有独立操作系统的计算机，且它们之间有相互共享某种资源的需求。
- ② 两个独立的计算机之间必须有某种通信手段将其连接。
- ③ 网络中的各个独立的计算机之间要能相互通信，必须制定相互可确认的规范标准或协议。
- 以上三条是组成一个网络的必要条件，三者缺一不可。

计算机网络基本原理

- 平时常接触的网络

- 计算机网（局域网，因特网）

- 计算机和通信技术结合的产物

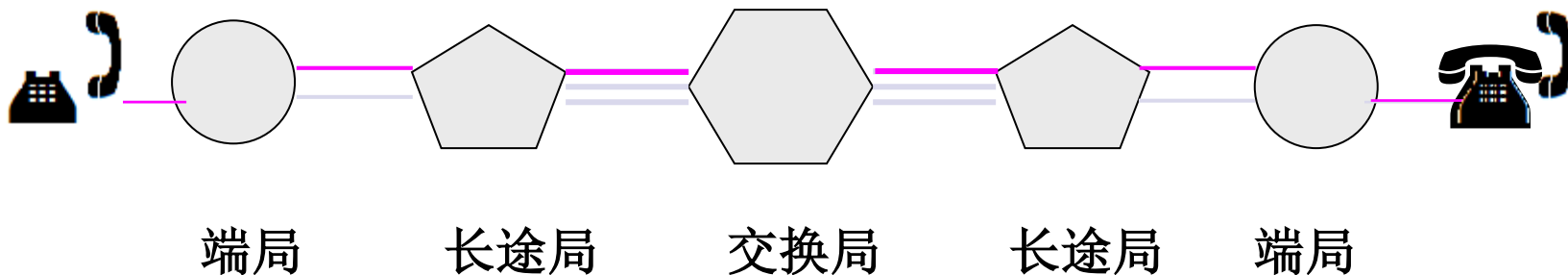
- 共享资源

- 有线电视网

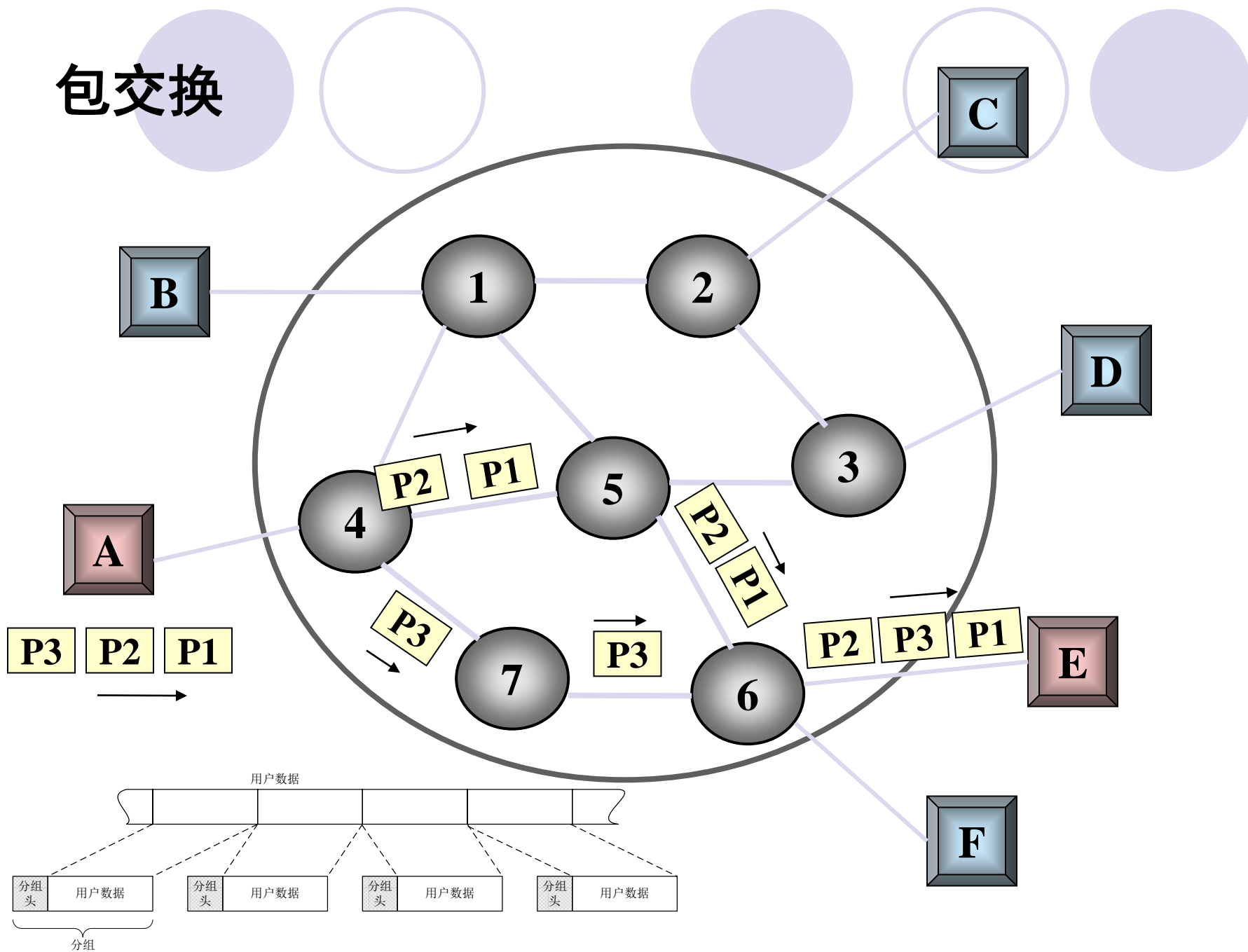
- 电网

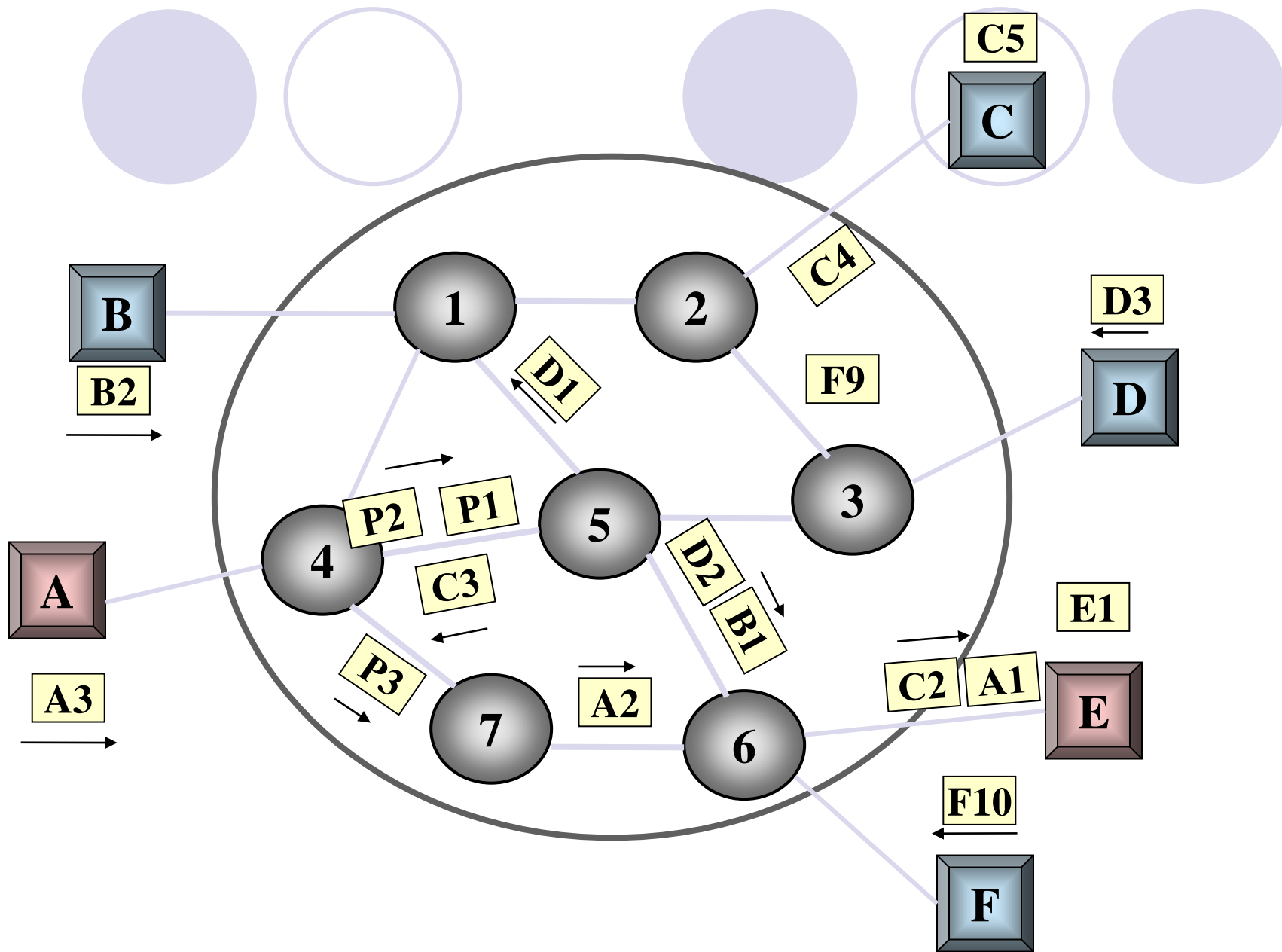
电路交换

- 最早的交换方式，源自电话系统。
- 建立电路交换的过程：（以打电话为例）
- 建立链路（象拨打电话并接通，通信的两端接通，便拥有一条实际的物理线路）→发送数据（双方交谈）→删除链路（谈话完毕，挂掉电话）
- 优点：实时交换，传输延迟小，资源预留（优质），独享物理线路。
- 缺点：独享线路造成浪费；建立链路时，呼叫信号须经过若干中间交换机，需时长，效率较低。



包交换



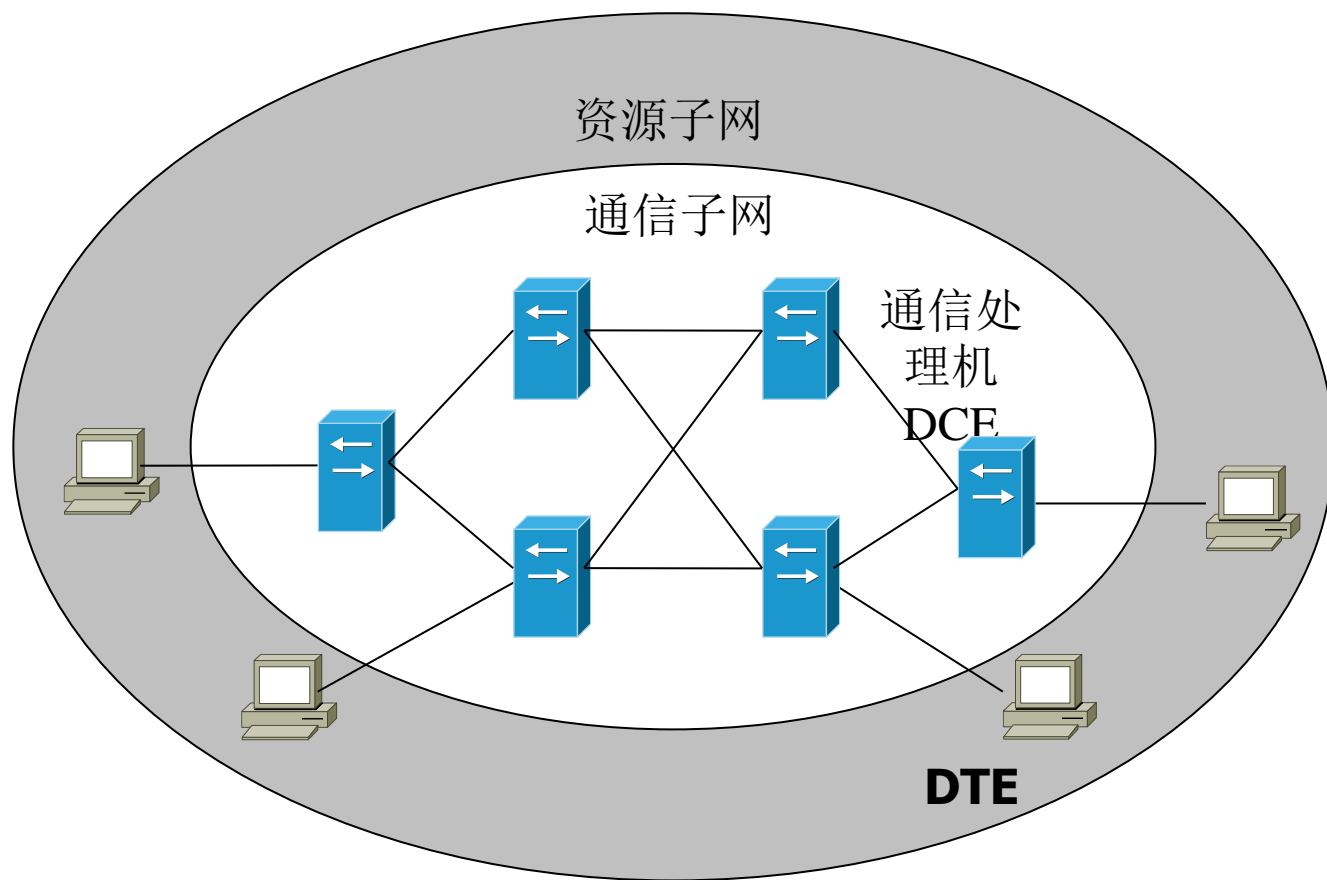


包交换



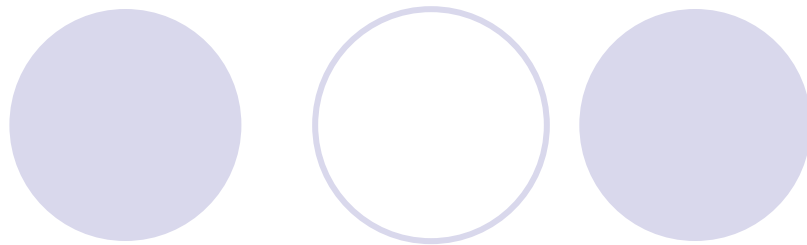
- 背景
 - 计算机出现（模拟->数字化）
 - 人-人信息交换->机-机信息交换
- （也称“报文分组交换”或“分组交换”，象邮政系统）
- 把信息分成若干“分组”（包）（Packet）来传送。
- 通信节点存储转发
- 优点：可靠性强，复用线路利用率高，使用灵活，端系统速率不用匹配，适于数据通信。
- 缺点：时延较大，“分组”（或“打包”）的过程比较复杂，丢包服务质量无保证。

功能角度



计算机网络的基本结构

网络体系结构



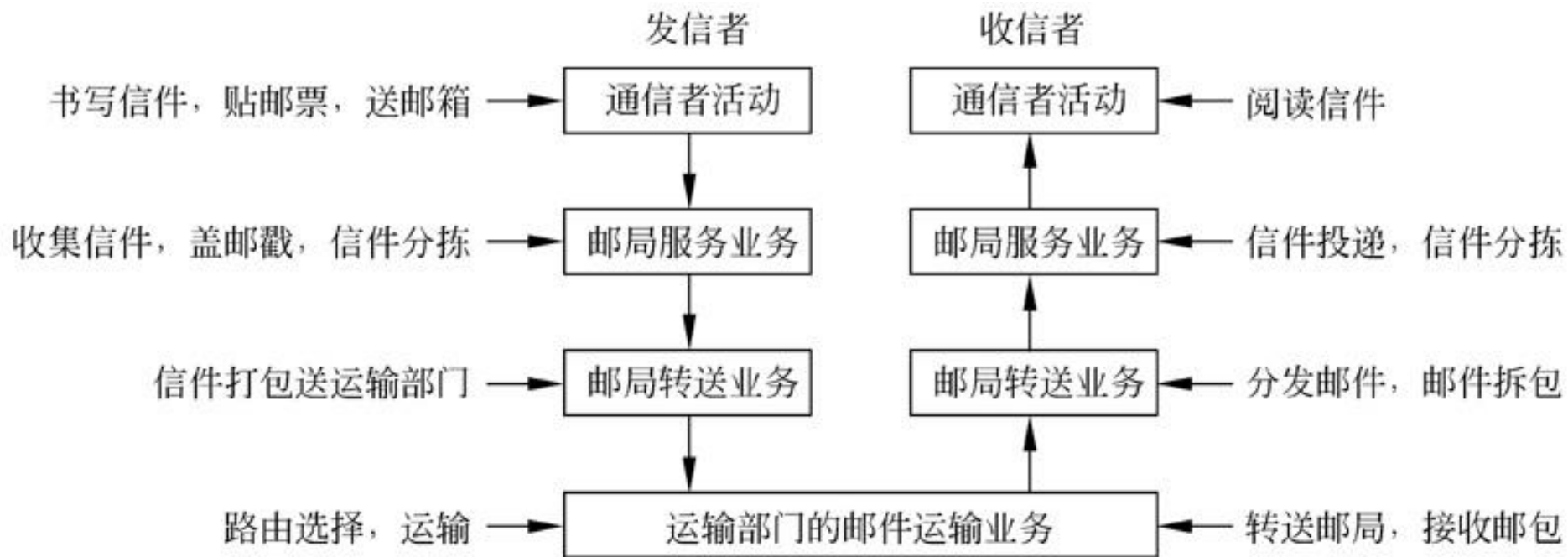
- 基本概念

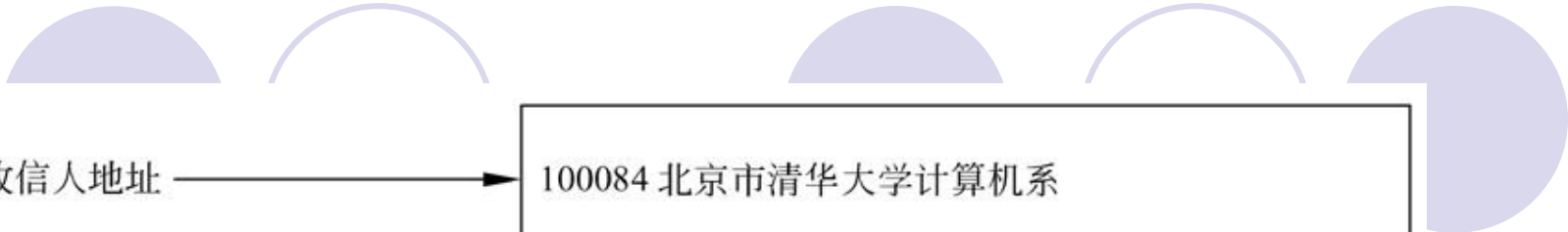
- 协议（protocol）；
- 层次（layer）；
- 接口（interface）；
- 体系结构（architecture）。

- ISO/OSI 参考模型

一个例子-通过邮政系统发信

● 包交换类似于邮政系统





收信人地址 → 100084 北京市清华大学计算机系

收信人姓名 → 张 × × 教授 收

发信人地址与姓名 → 天津市南开大学计算机系 李 × × 300071

(a)

发信人地址与姓名 → From: Li Yang
Dept. Computer
Nankai University
Tianjin, CN, 300071

收信人地址与姓名 → To: Prof. Wang
10056 rd st.
San Diego, CA 92102
U.S.A

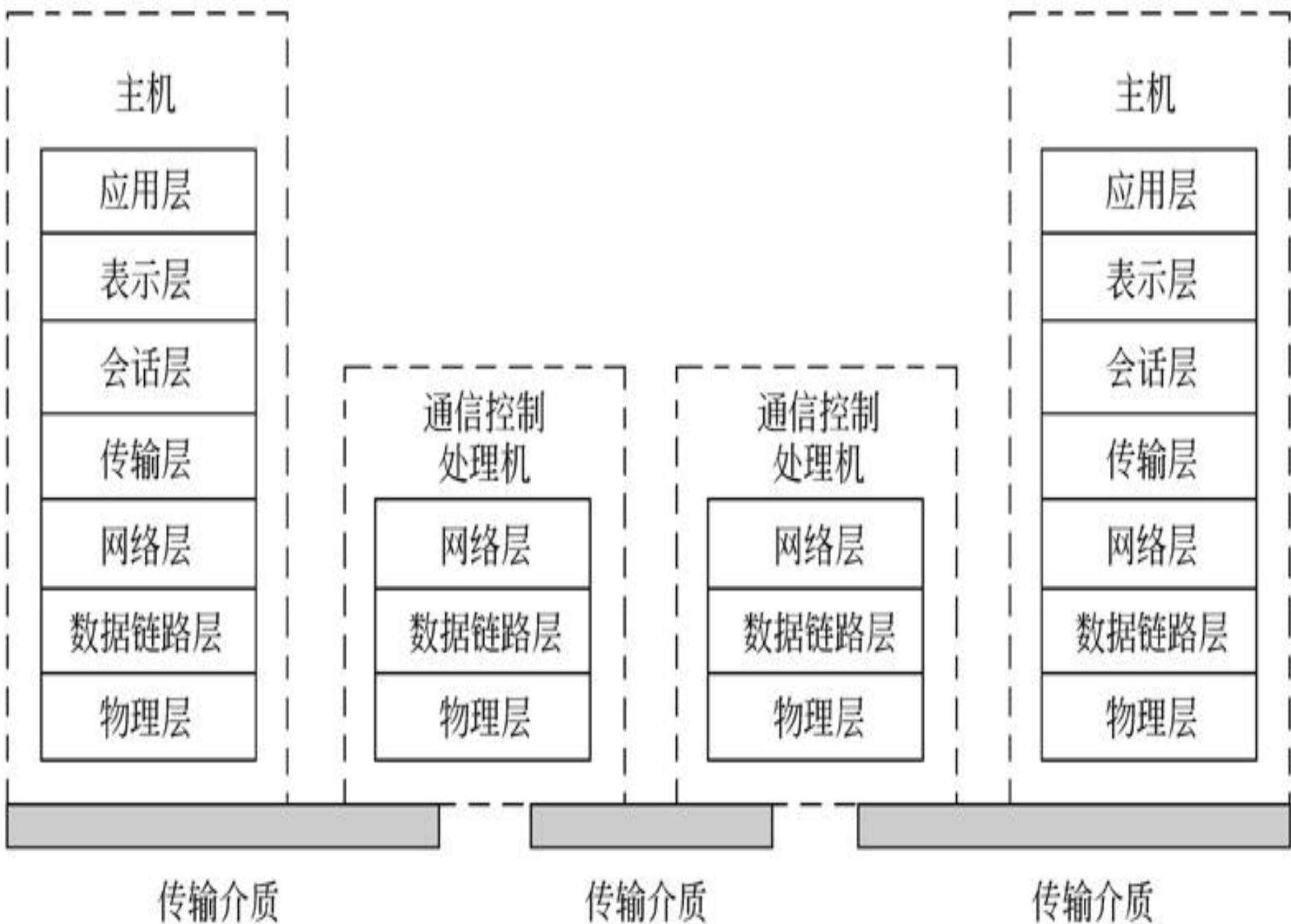
(b)

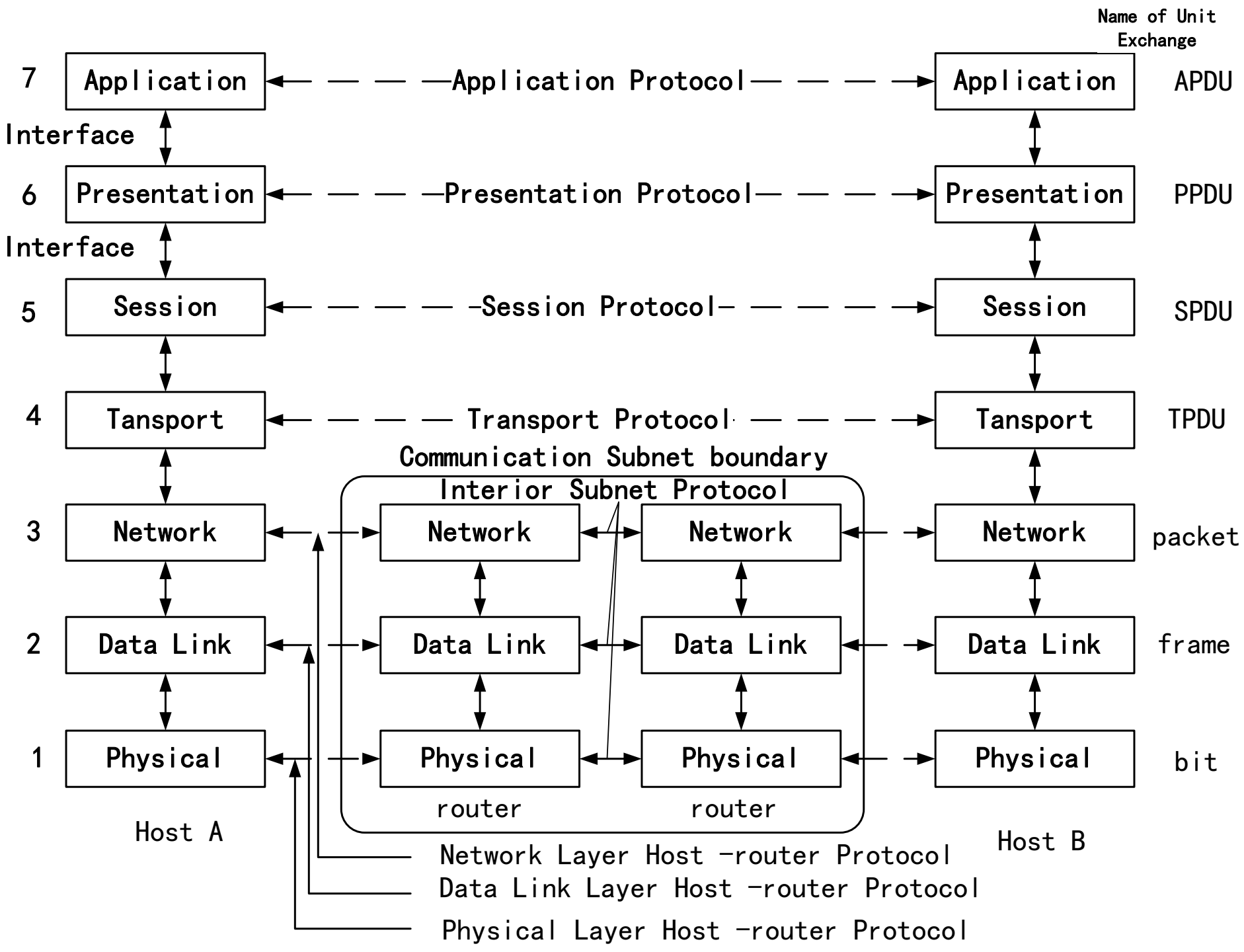
OSI 参考模型

- 在1974年，IBM公司提出了世界上第一个网络体系结构，这就是系统网络体系结构（SNA， system network architecture）。此后，许多公司纷纷提出各自的网络体系结构。这些网络体系结构共同之处在于它们都采用了分层技术，但层次的划分、功能的分配与采用的技术术语均不相同。随着信息技术的发展，各种计算机系统连网和各种计算机网络的互连成为人们迫切需要解决的课题。OSI参考模型就是在这个背景下提出与研究的。
- 1974年，ISO发布了著名的ISO/IEC 7498标准，它定义了网络互连的7层框架，也就是开放系统互连（OSI， Open System Internetwork）参考模型。在OSI框架下，进一步详细规定了每一层的功能，以实现开放系统环境中的互连性（interconnection）、互操作性（interoperation）与应用的可移植性（portability）。

划分层次的主要原则

- 网中各结点都具有相同的层次。
- 不同结点的同等层具有相同的功能。
- 同一结点内相邻层之间通过接口通信。
- 每一层可以使用下层提供的服务，并向其上层提供服务。
- 不同结点的同等层通过协议来实现对等层之间的通信。



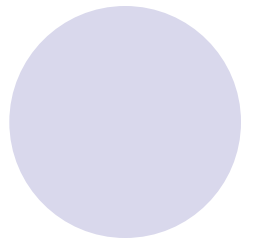
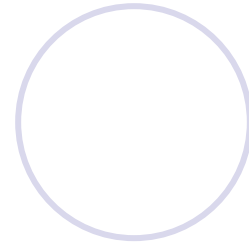
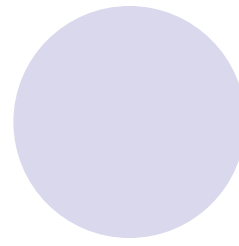
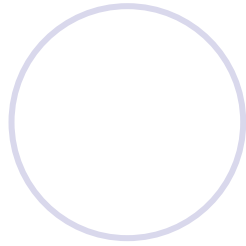
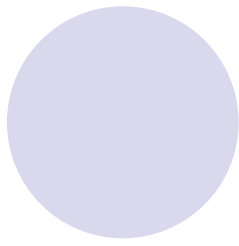


互联网



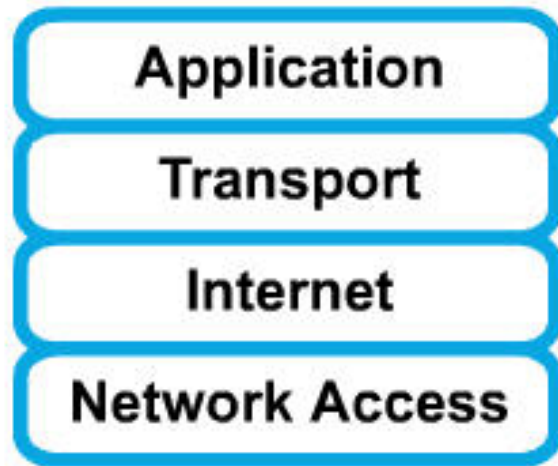
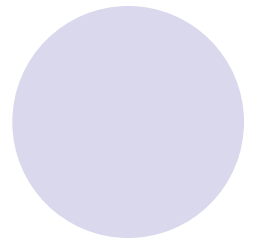
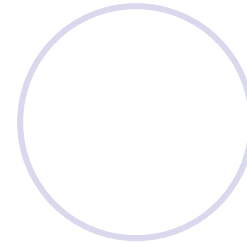
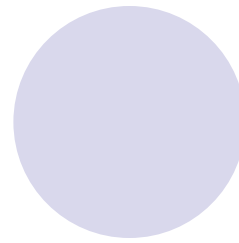
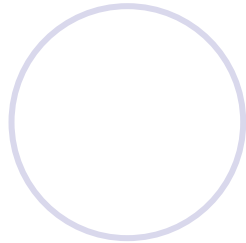
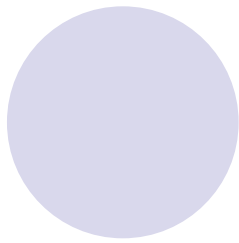
● 互联网和TCP/IP由来

- 1957年10月人类第一颗人造卫星（前苏联小型Sputnik卫星）的升空
- 1969年美国国防部高级研究计划署（DoD/DARPA）资助建立了因特网最早的雏形“阿帕网（ARPANET）”
- 阿帕网的主机开始使用第一个主机-主机间协议是网络控制协议(NCP)，NCP协议有其局限性，它不提供网络编址和可靠的端到端服务，不适于大型互联网络。



- **1972年成立了“国际网络工作组”（INWG），**负责建立一种能保证计算机之间进行通信的协议。在1973年9月，在英国伯明翰的萨克斯大学召开的INWG会议上文顿·瑟夫和鲍勃·卡恩提出了因特网的基本概念。
- 1974年瑟夫和卡恩发表了论文A Protocol for Packet Network Interconnection，文中对TCP协议的设计作了详细的描述，（此文中TCP/IP被作为一个TCP协议来描述，到1978年，TCP分解成TCP和IP两个协议）。
- 1982年美国国防通信局（DCA）和高级研究计划署宣布阿帕网统一采用传输控制协议(TCP)和网际协议(IP)，作为一组协议，简称为TCP/IP协议。

- 1986年美国国家科学基金会（NSF）投资在美国普林斯顿大学、匹兹堡大学、加州大学圣地亚哥分校、依利诺斯大学和康纳尔大学建立五个超级计算中心，并通过56Kbps的通信线路连接形成NSFNET的雏形。
- 1987年NSF公开招标对于NSFNET的升级、运营和管理，结果IBM、MCI和由多家大学组成的非盈利性机构Merit公司获得NSF的合同。
- 1989年7月，NSFNET的通信线路速度升级到T1（1.5Mbps），并且连接13个骨干节点，采用MCI提供的通信线路和IBM提供的路由设备，Merit则负责NSFNET的运营和管理。
- 由于NSF的鼓励和资助，很多大学、政府资助甚至私营的研究机构都纷纷把自己的局域网并入NSFNET，从1986年至1991年，NSFNET的子网从100个迅速增加到3000多个。
- 1991年，NSFNET放宽了对于其新网络的限制，开启了商业应用。NSFNET的正式运营以及实现与其他已有和新建网络的连接开始真正成为因特网的主干，各个国家和地区纷纷建立自己的基于TCP/IP的网络，并接入NSFNET从而使因特网在全球蔓延。



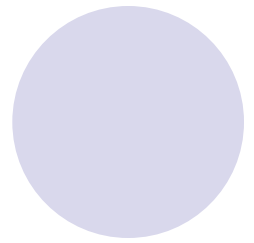
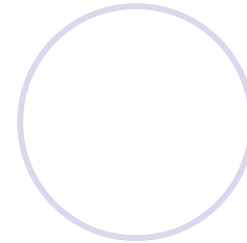
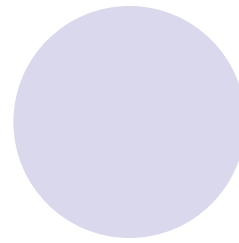
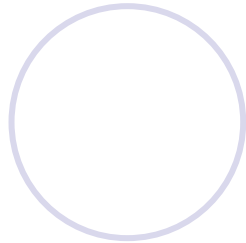
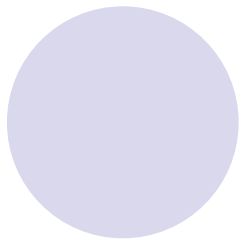
应用层

传输层

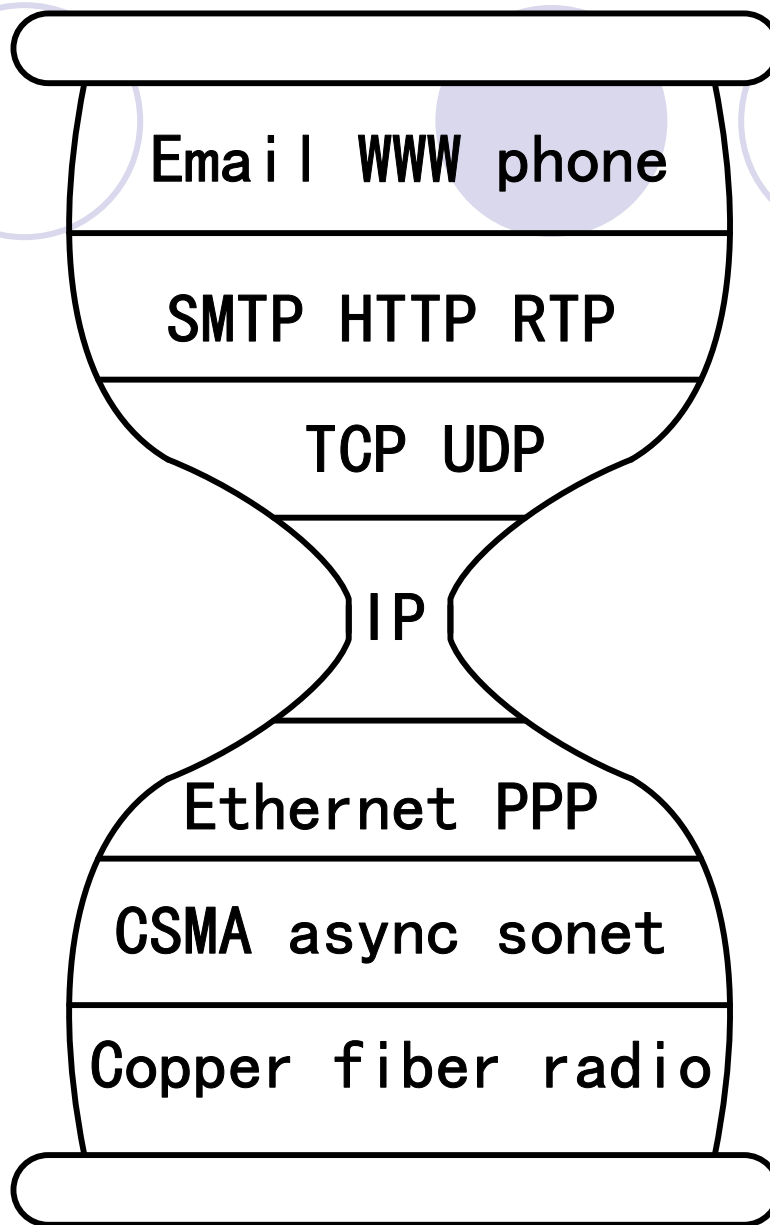
网际层

网络访问层

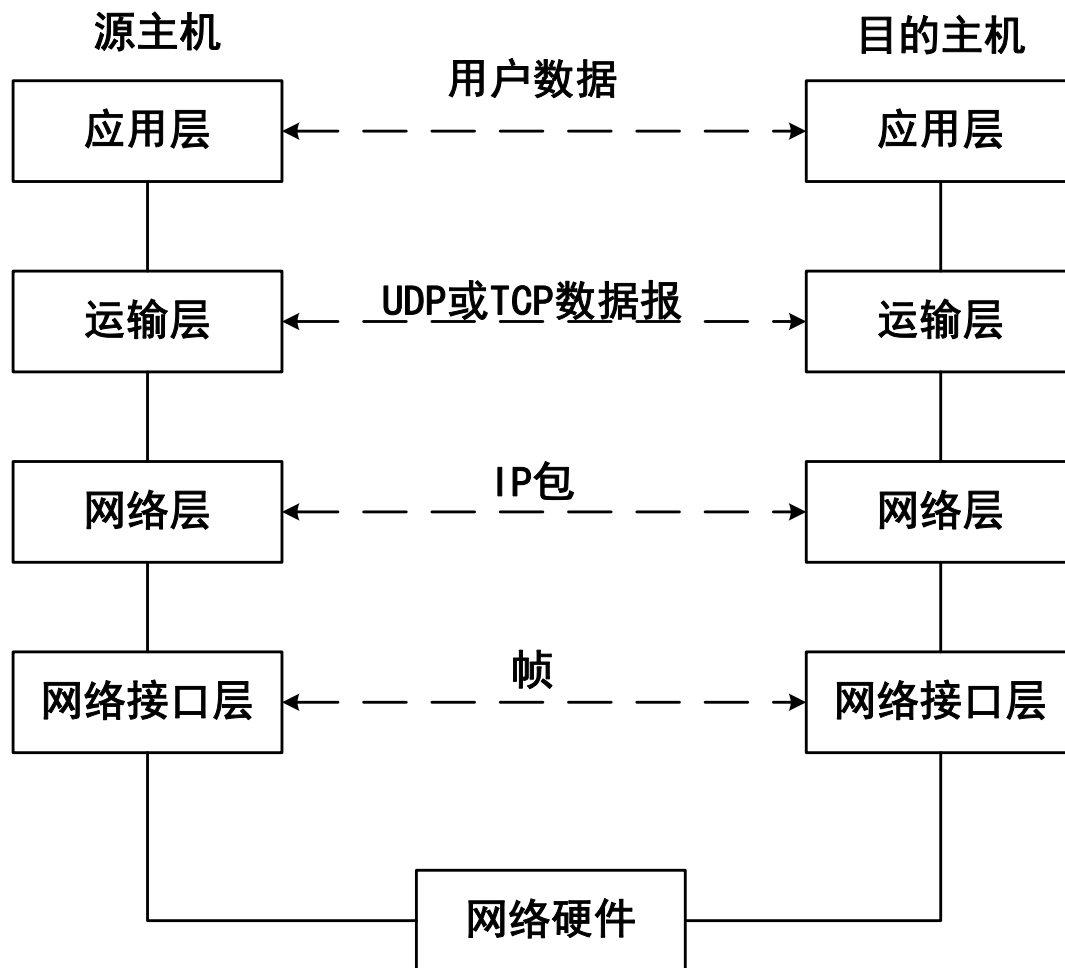
TCP/IP是互联网上事实上的标准协议

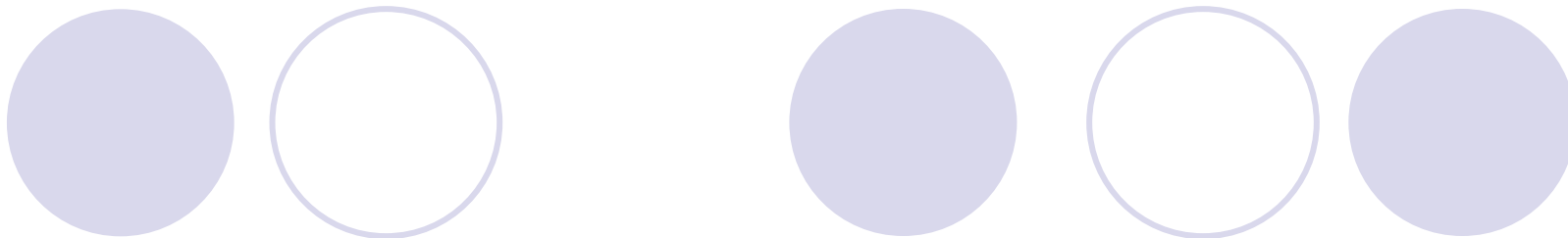


Telnet	FTP	DNS	SMTP	HTTP	...
TCP			UDP		
IP					
APPANET	SATNET	Packet Radio	LAN	ATM	...



TCP/IP的基本工作原理





应用数据

字节流（数据）

应用层

FTP头

字节流（数据）

传输层

TCP头

FTP头

字节流（数据）

网络层

IP头

TCP头

FTP头

字节流（数据）

数据链路层

DH

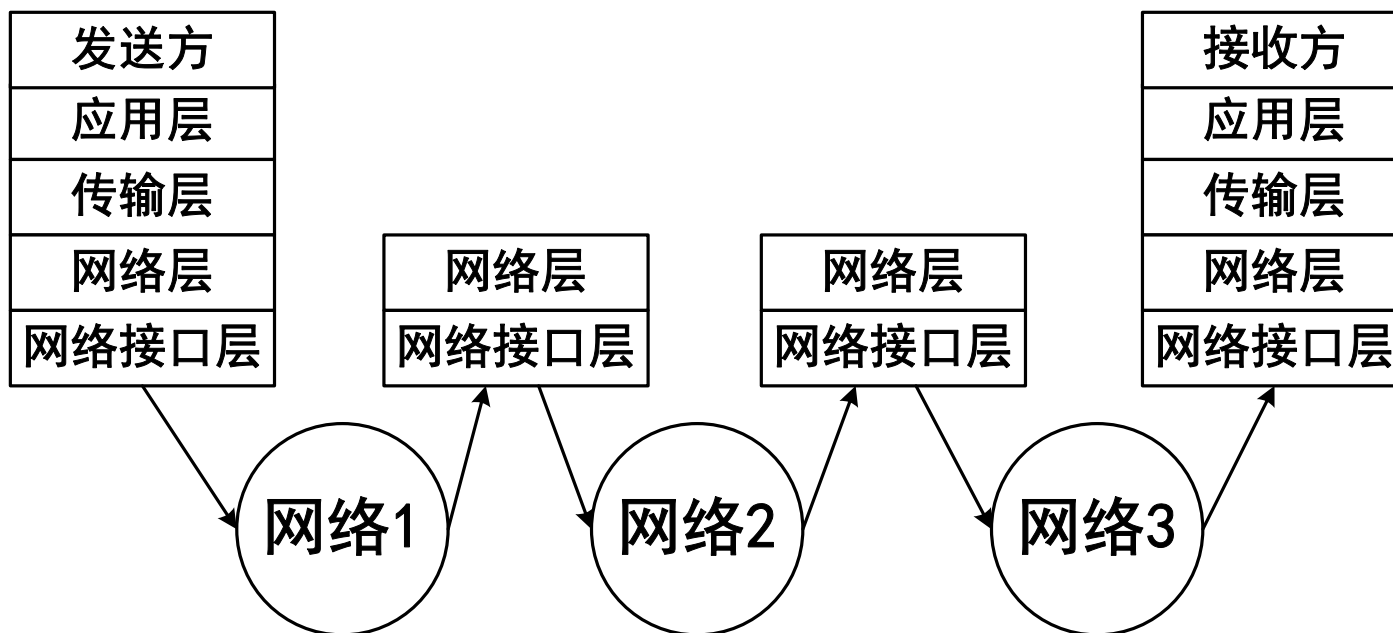
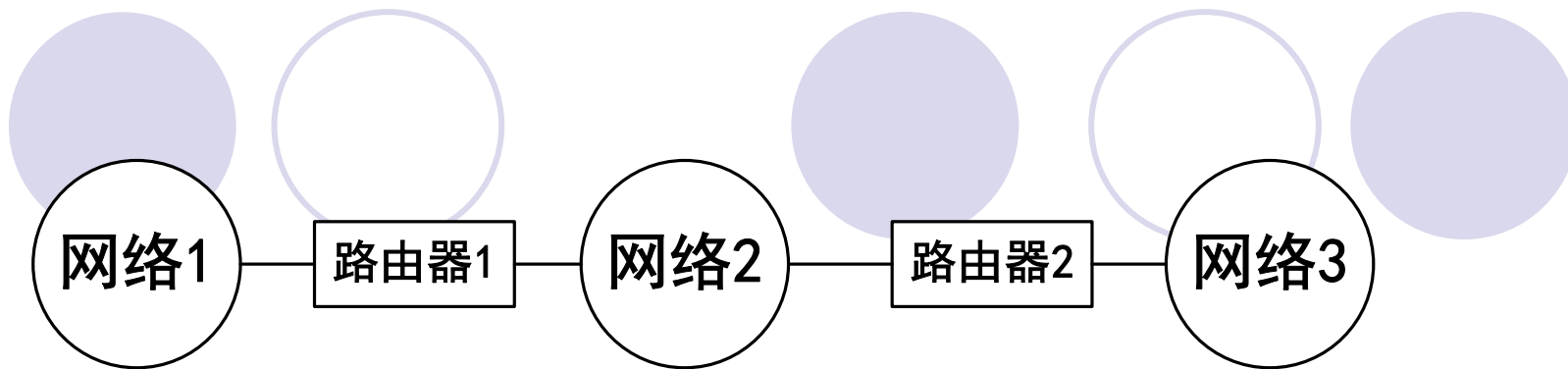
IP头

TCP头

FTP头

字节流（数据）

DT



互联网的标准

- 1992年因特网社团（ISOC）创立，它是一个非盈利的，非政府，由专业人员组成的国际组织，负责推动因特网的发展和标准的发布。如图所示，它主要由因特网体系委员会（IAB），因特网工程指导组（IESG），因特网研究任务组（IRTF），因特网工程任务组（IETF）和因特网编号分配机构（IANA）组成。

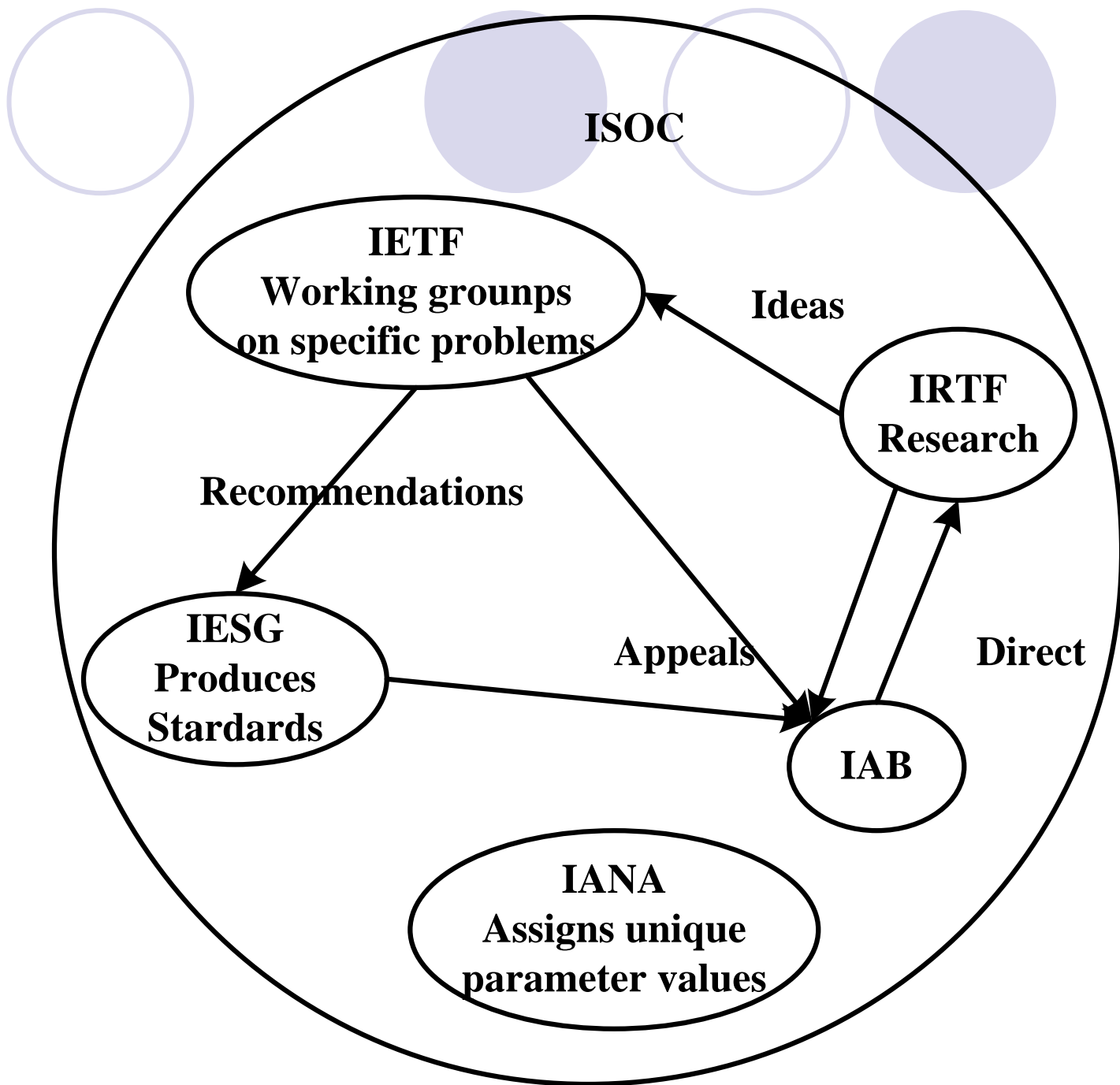
因特网体系委员会
(IAB)

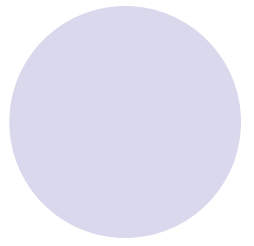
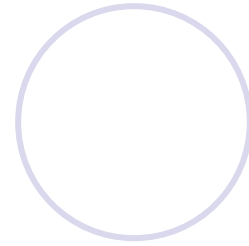
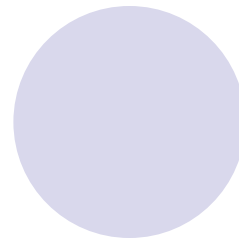
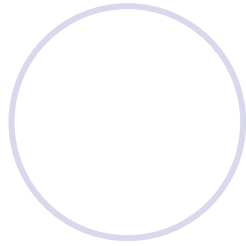
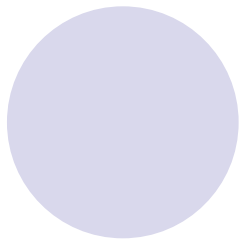
因特网工程指导
组 (IESG)

因特网研究任务
组 (IRTF)

因特网工程任务
组 (IETF)

因特网编号分配
机构 (IANA)





- IETF由许多工作组组成，每个工作组有各自的特定的技术领域。工作组平时是通过电子邮件来联络的，另外每年要开三次会议。各个工作组的成果是一些建议文档，提交IESG审议。IESG负责对这些建议的标准化过程并最终提升为因特网的标准。在整个制定标准的过程中，IETF和他的工作组负责因特网相关技术标准的研发和制定，是因特网业界具有一定权威的网络相关技术研究团体

- IETF是一个公开性质的大型民间国际团体，汇集了与因特网架构和因特网顺利运作相关的网络设计者、运营者、投资人和研究人员，并欢迎所有对此行业感兴趣的个人参与。

- IETF的工作和标准的起草分配给特定的工作组来完成，每个工作组分属于不同的功能领域，这些领域涵盖了由应用到次IP层。任何人都可以向工作组投稿，这些稿件被称为因特网草案（Internet Draft），这些草案一般通过电子邮件列表的方式被评论，如果一切顺利将会在下一次IETF会议上被正式讨论。**每个因特网草案有6个月的生命期**，要么根据电子邮件讨论被更新或重新发布，要么被采纳，大多数情况会被废弃。被采纳的草案就变成了RFC（请求建议，Request For Comments）。

- 工作组完成其初始宪章的工作后就会被解散。当一个特定领域引起人们足够兴趣时，IETF成立相应的工作组来专注相应的论题，其方式是在每次IETF会议提供一个BOF（同路人，Birds Of Feather）时段，在这个会议期间，对某个特定任务工作感兴趣的人们可以看看是否有足够兴趣来成立新的工作组。因特网标准化是非常活跃的过程，有着广泛的参与者，无论会议或是通过电子邮件的讨论都是非常热烈的。这项工作的实质在于仅有对一个论题真正感兴趣的人会参与进来，并且只有他们被认为有意义才会被接纳。**在制定因特网标准的过程中，如果对某个问题没法达到技术上一致的解决方案，那么可能成立不同的工作组制定不同的解决方案，而由市场对其作出选择。**

- **同时一项建议标准一般至少有两个独立可运行并且相兼容的实现。**人们普遍认为这种灵活机制使得新技术可以很快应用到因特网中去，使IP网络技术愈来愈成熟，并不断向前发展，取得过去这些年来的巨大成就。

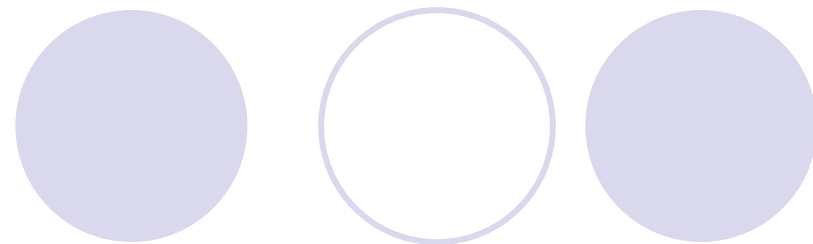
- ISOC还是一个开放的组织，与其他标准化组织合作促进IP在不同领域的应用，例如和3GPP等组织合作制定3G中的通信标准。



Internet 的成功经验

- 有远见的政府不断支持：1969—
- 有风险的企业参与和投入：
 - NFS: MCI、IBM
 - vBNS: MCI; Abilene: Qwest, CISCO
- 联合协作的开放式研究：IETF/RFC
- 教育和科研的示范网络为起点
 - 具有实验物理学的研究特点
 - ARPAnet、NSF、ANS、vBNS
- 简单实用的技术路线：TCP/IP

IP网络优越性



- IP电话
- IPTV
- 三网融合实际上是IP渗透取代其他两网络
- IP无所不在
- IP透明
- IP廉价
- IP网络技术为供应链管理提供廉价通信手段

IP协议

● IP分组头格式（RFC791）

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

版本号	包头长度	服务类型	总长度	
标示符			标志	报片偏移
生存时间（TTL）	协议		分组头检验和	
源地址				
目的地址				
任选项（可变长）				填充

IP地址

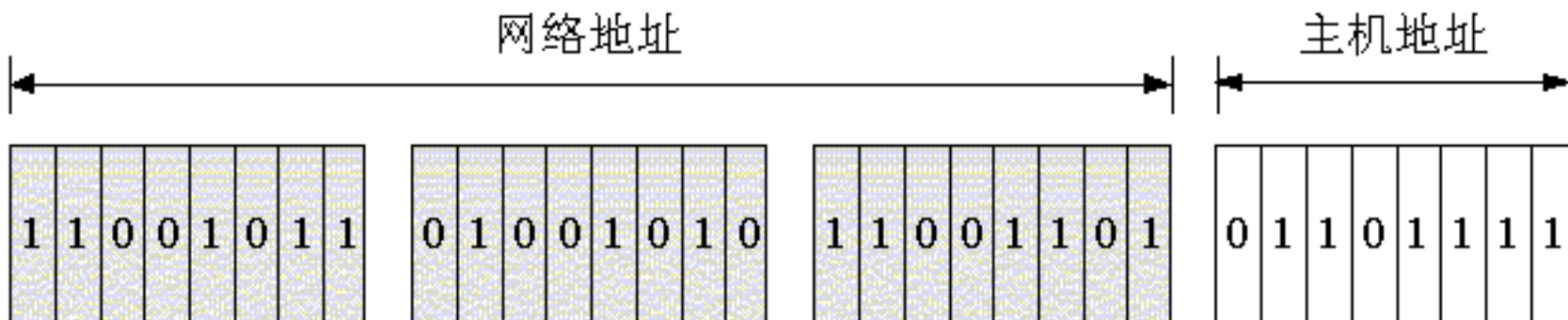


- IP地址的作用：如同电话号码，标识不同的计算机
- Internet上的计算机IP地址要惟一
- 共32bit
- 100000000000010110000001100011111
- 有谁能记住？




- IP地址表示法：点分十进制记法
- 首先将32Bits的IP地址分成4段：
 - 例：10000000 00001011 00000011
00011111
- 将各段的二进制数值转化为十进制
 - 写成：128. 11. 3. 31
 - 计算机世界网址：61. 135. 135. 5
 - 是不是容易一些了？

IP地址的组成



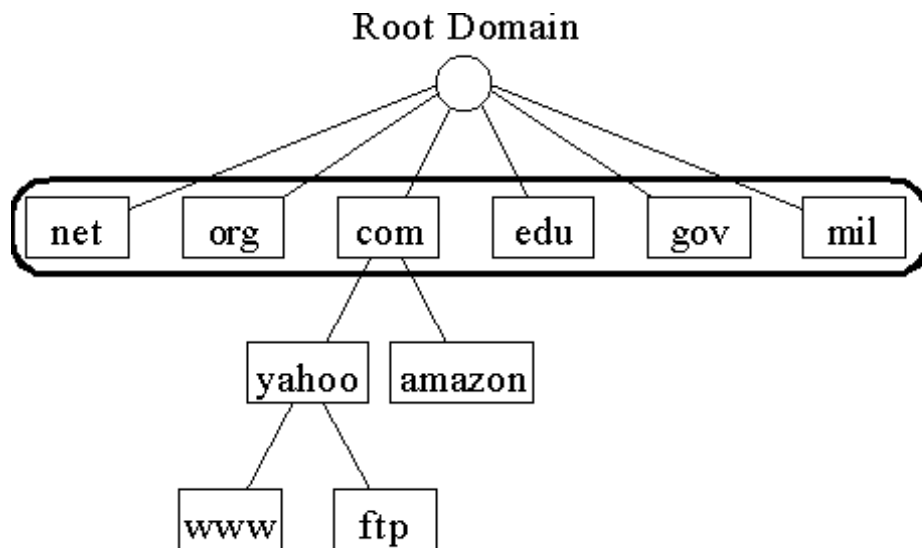
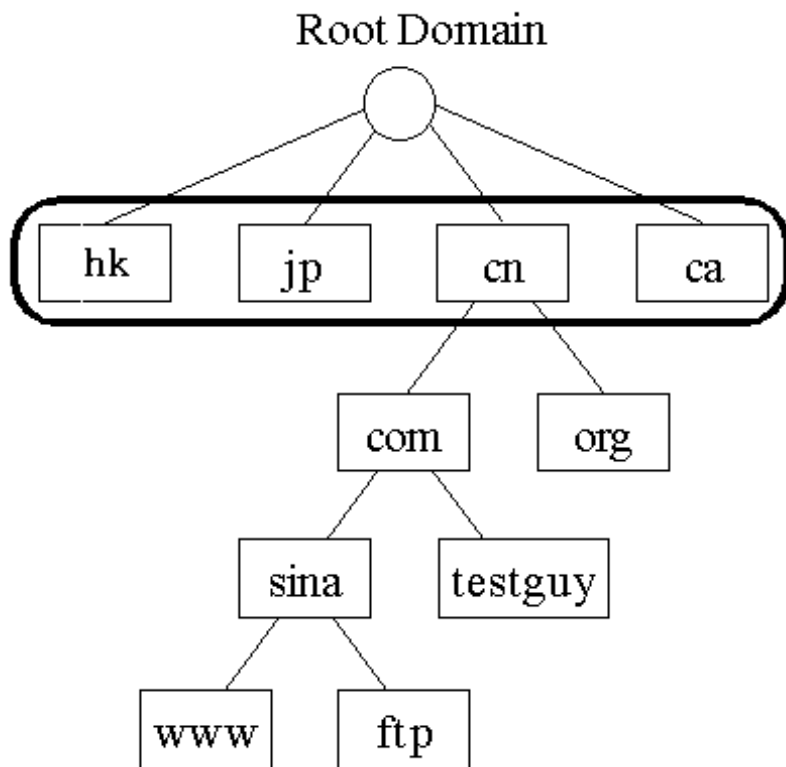
域名系统



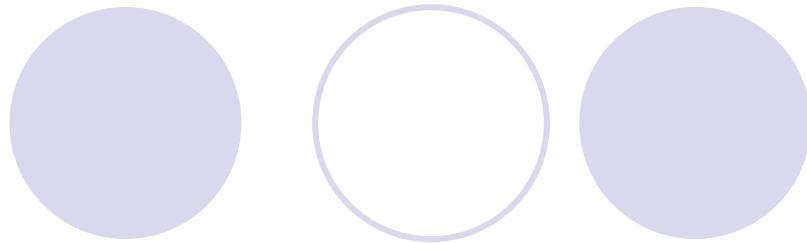
- 计算机的通信离不开IP地址，然而IP地址难以记忆。
- 人们更倾向于使用有代表意义的计算机名称，即域名，如www.shmtu.edu.cn这需要把www.shmtu.edu.cn和IP地址进行对应

域名的结构

- 整个DNS结构就设计成层次型，分别是根域、顶层域、第二层域和主机。



域名结构例子



- **www. shmtu. edu. cn:**

- **www:** 主机名

- **shmtu. edu. cn:** 域名

- **shmtu:** edu. cn域下的子域

- **edu:** cn域下的子域

- **cn:** 根域下的子域

方法之一：hosts文件

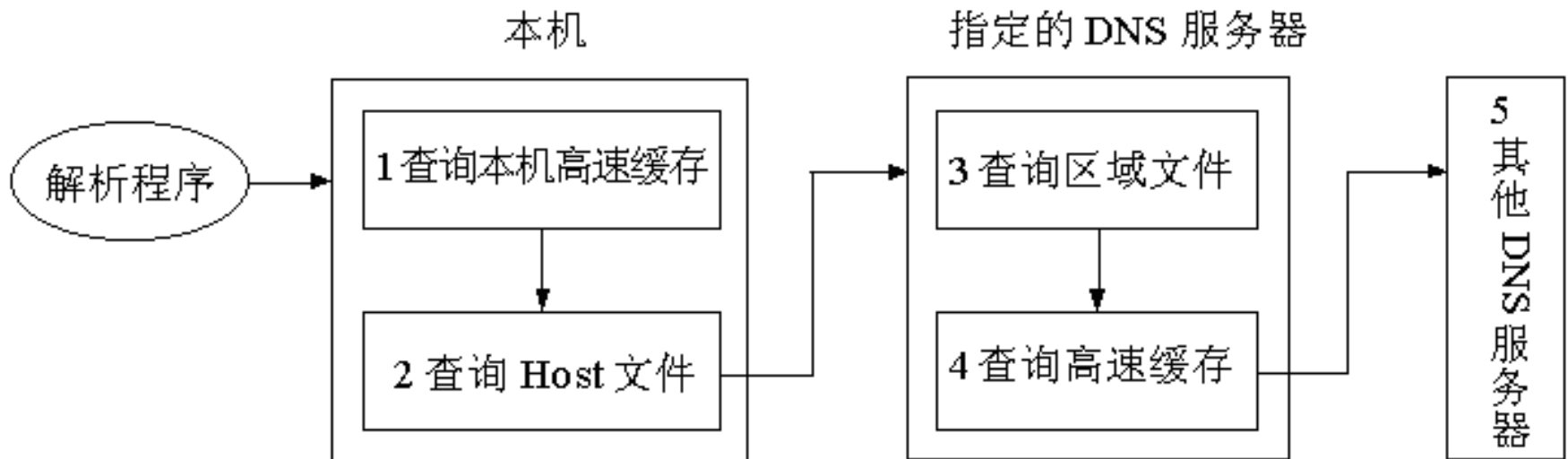
类似我们电话中的电话号码本

- 目录：C:\WINDOWS\system32\drivers\etc
- 样本：

127.0.0.1	localhost
10.1.14.61	www.shmtu.edu.cn
- 特点：
 - 本地有效，其他计算机无法使用该记录
 - 主机很多时，工作量大，而且查询速度慢
 - 简单

方法之二：DNS服务器(Domain Name System) 类似114查号台

● DNS解析程序的查询流程

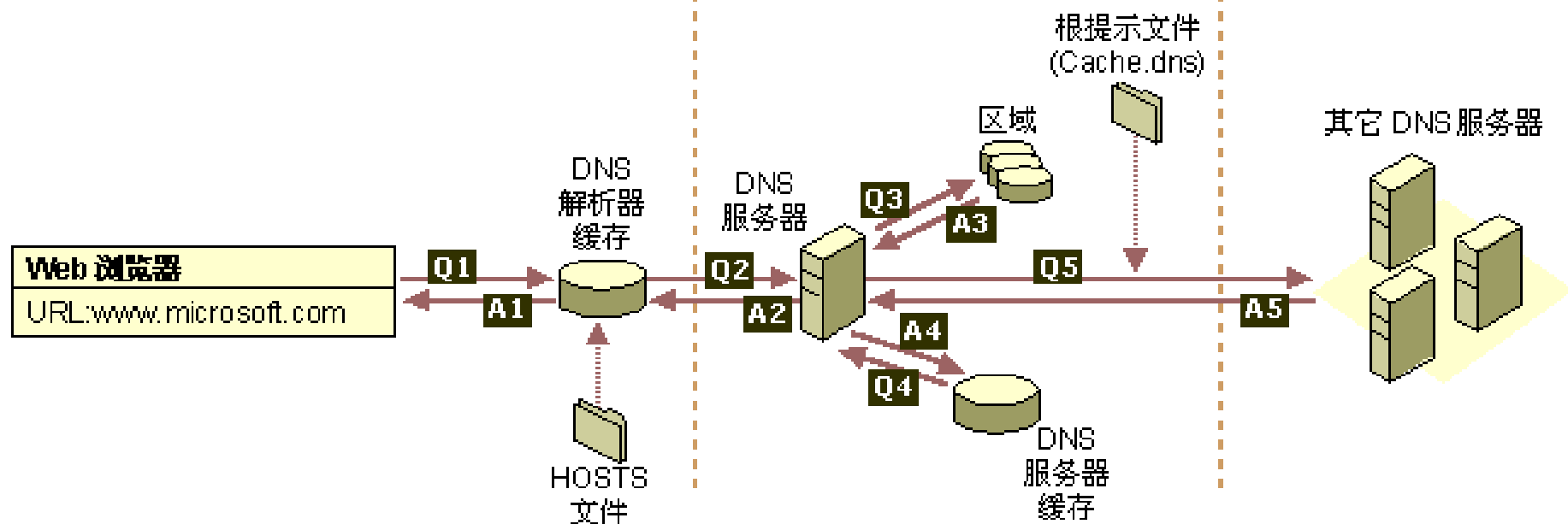


DNS工作原理

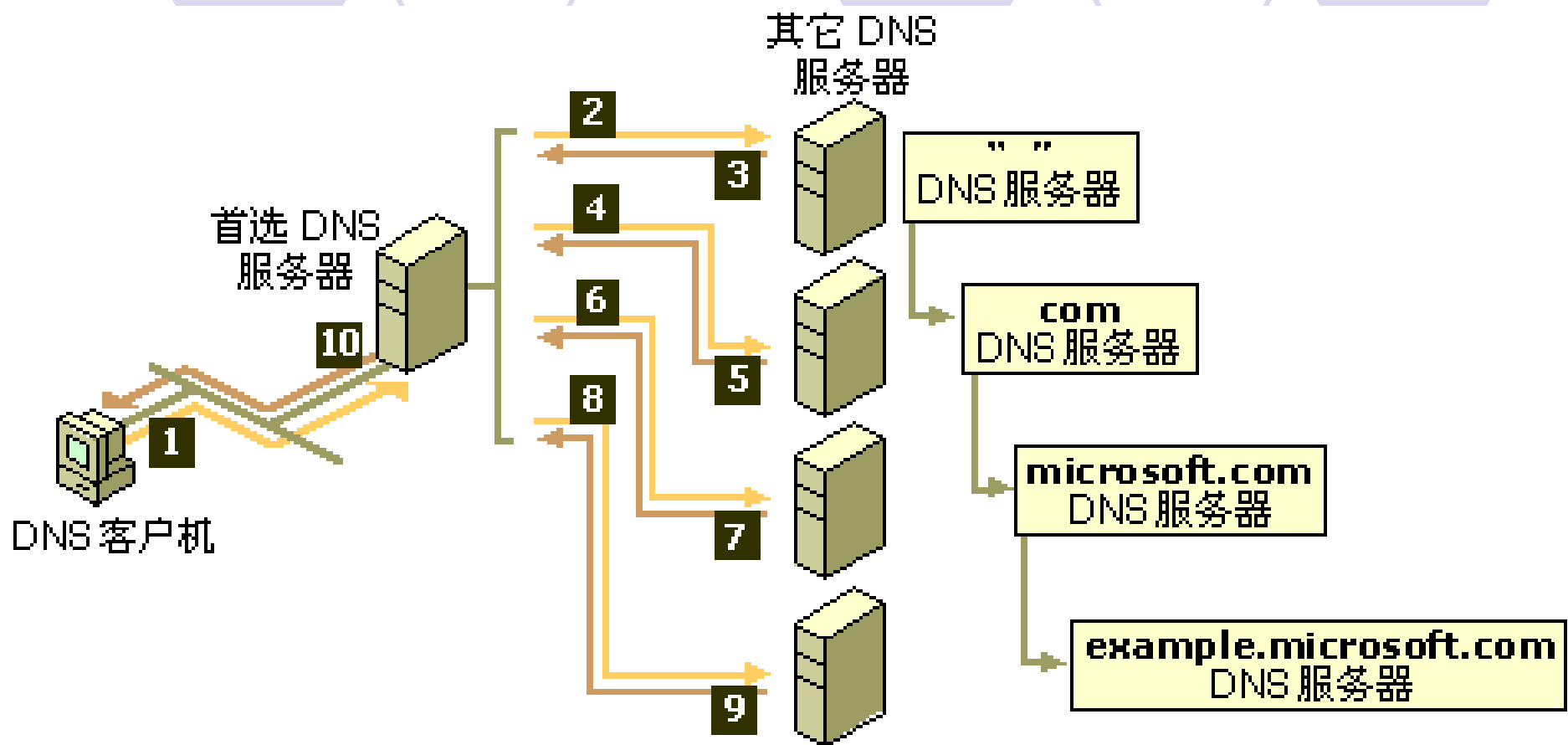
DNS 客户机 (解析器)

客户机到服务器的查询

服务器到服务器的查询
(递归)



DNS工作原理



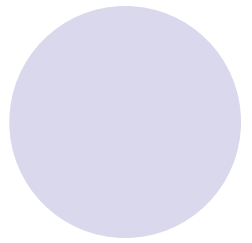
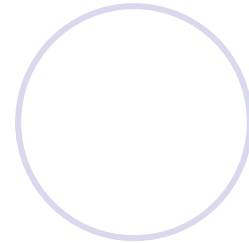
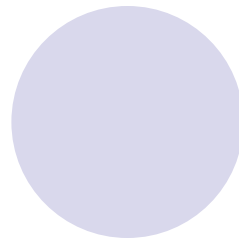
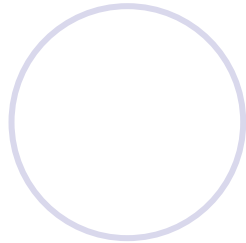
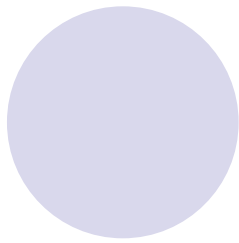
万维网

- WWW（World Wide Web）

- 含义是“环球网”，俗称“万维网”、3W、Web。
- 基于超文本（Hypertext）方式的信息检索服务工具

- 浏览器（Browser）

- 运行在客户端的应用程序
- 能够解释在WWW上的文档并把结果显示在屏幕上。
- 常见的浏览器
 - IE、公开源码的Mozilla（firefox）、短小精悍的Opera
 - 基于IE内核开发的多标签页面支持的浏览器MyIE



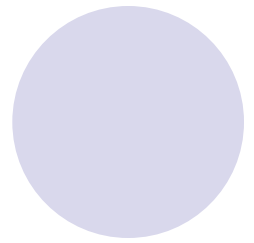
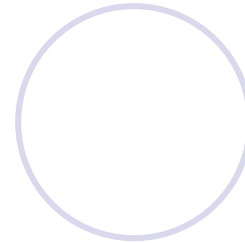
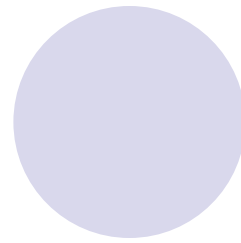
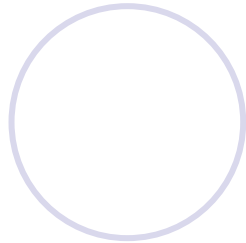
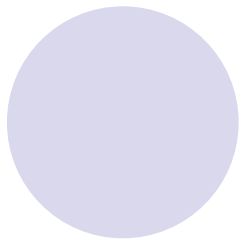
- 超文本标记语言（HTML）

- HTML（Hypertext Markup Language）

- 这种用HTML写成的文档称为超本文档
 - 如果还包含有图形、声音甚至动画等多媒体信息，也称为超媒体文档。

- XML

- 是Extensible Markup Language的简写。
 - 可以让网页设计人员自行定义标签（TAG）的延伸格式；
 - 本身并不是标记语言，而是一套用于创建标记语言的规则；
 - 是用来描述另一种语言的语言。



- **三、 超级链接（Hyper Link）**

- 超级链接是对其他文档的简单引用（也可以对本身引用）

- 一个超文本链接有两个部分。

- 第一部分是对相关项（可以是文档、图像、声音和动画）的引用。

- ⑩ 在WWW中，被引用的项可以在当前的文档之中，也可以是在Internet上任何地方的文档。

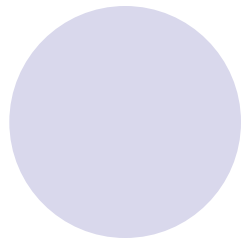
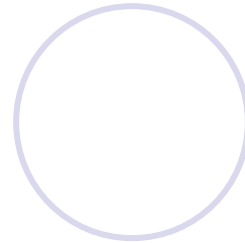
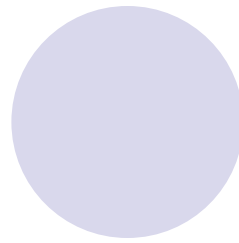
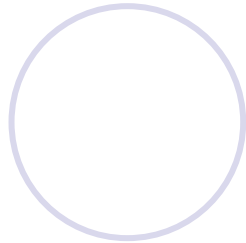
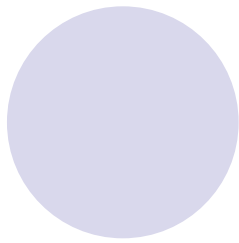
- 第二部分是“**锚（Anchor）**”。

- ⑩ 可以定义成为一个单词、一组单词、一幅图片，或者是显示的任何区域

- **四、 超文本传输协议（HTTP）**

- HTTP（Hyper Text Transfer Protocol，超文本传输协议）

- 是一种相当简单的通信协议，它所获取的文档中包含了用户将来可能访问的链接信息

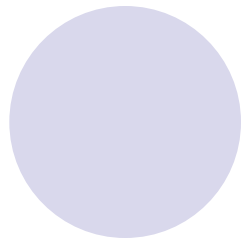
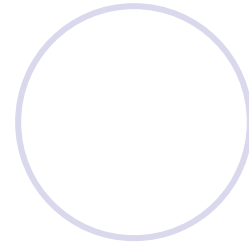
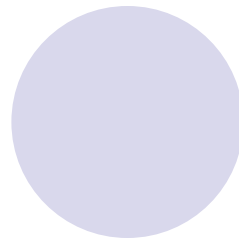
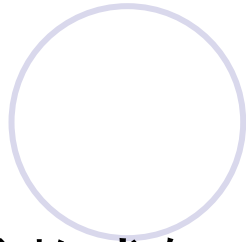
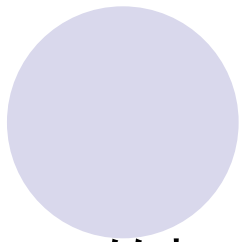


● 五、统一资源定位器（URL，Uniform Resource Locator）

- URL是文件的完整的描述，包含该文件所处的位置。
 - 文件可以是本地磁盘文件，也可以是Internet网站上的文件
- URL引用可以设置成绝对的或相对的。
 - 绝对引用
 - ⑩ 包含引用文件的完整地址，包括主机名和域名（或主机IP地址）、路径和文件名。
 - 相对引用
 - ⑩ 不指定主机名和域名、路径，默认使用当前的WWW位置，它只指示引用文件名
- 一个典型的URL地址如下：

`http://www.shmtu.edu.cn/web/index.htm`

本例中的URL告诉WWW浏览器使用HTTP协议从Internet主机www.shmtu.edu.cn的web目录下获取index.htm文件并显示。



- URL的标准格式如下：

- 协议://主机名:端口号/路径/文件名

- **Protocol://host:port/path/file**

其中：

- (1) 协议：“Protocol://”

- ⑩ 指定采用何种协议来进行信息传送。

- 最常用的包括：

- ⑩ “http://”

- 使用超文本传输协议来浏览WWW网页（WWW文档）。

- ⑩ “ftp://” 使用FTP文件传输协议来传送文件。

- ⑩ “gopher://” 使用Gopher来查阅信息。

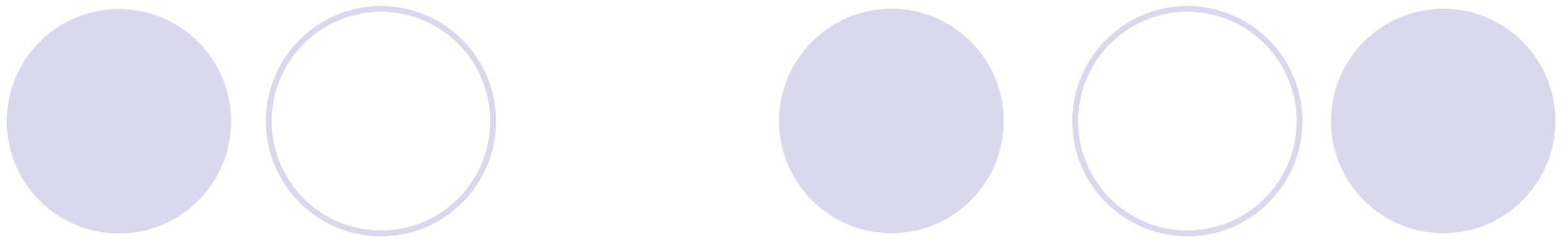
- ⑩ “telnet://” 使用Telnet进行远程登录。

- ⑩ “news://” 使用Usenet新闻组（采用NNTP协议）。

- ⑩ “file:///”

- 引用本地文件，后面可以跟盘符

- （注意，如“C:”盘应表示为“C|”，因为冒号在URL中有特殊意义）和路径（路径以“/”分隔，而不是“\”）以及文件名。如果使用“file://”，则功能同“ftp://”。



- (2) 主机名: “host”

- ⑩ 指定想获取的信息所在的主机名和域名（或主机IP地址）。

- (3) 端口号: “port”

- ⑩ 端口号可选，只在特殊情况下使用，否则采用协议的默认值（如Gopher使用的端口号是70，HTTP使用的是80，FTP使用的是21）。

- (4) 路 径: “path”

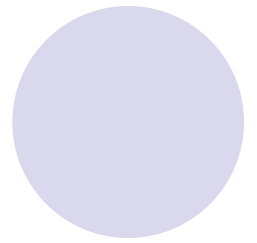
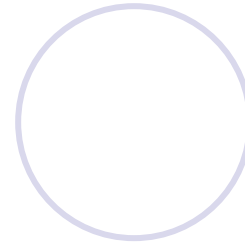
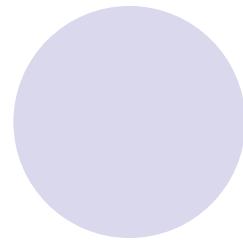
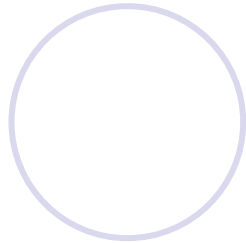
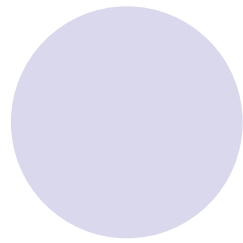
- ⑩ 指定了从主机上获取信息的路径，以 “/” 分隔不同级别的子目录。

- (5) 文件名: “file”

- ⑩ 指定获取的文件名。

- ⑩ 系统自动提供默认的文件名

- index.htm、index.php、index.asp、default.htm



○主页（Home Page）和网页（Web Page）

●网页

⑩是Internet服务器上HTML文档的别称。

●主页

⑩是链接所有相关网页的网页，其中包含了转到其他网页的超级链接。

- 一般把网站首页称之为主页（Homepage），以和其他页面（Webpage）相区别。



Web信息检索

● 搜索引擎（Search Engine）

○ 工作过程

- 1. 使用网页搜索程序搜索网上的所有信息。
- 2. 将收集的信息进行分类整理，保存到大型查询数据库中。
- 3. 通过WWW服务器为用户提供可浏览的界面进行信息查询。

● 查找信息两种方法：

○ 分类查找

- 从搜索首页按照树型的主题分类逐层单击来查找所需信息的方法；
- 也即目录查询方式

- 关键词查询
 - 用所需信息的主题（关键词）进行查询的方法
 - 即输入一些简单的关键词来查找包含此关键词的网页或网站。
- 搜索关键词的基本语法和规则
 - 1. 表示“且”的关系（同时匹配多个关键词的内容）
 - 使用空格、逗号（,）、加号（+）和&。
 - 2. 表示“非”的关系
 - 查询某个关键词的匹配内容，但又不包含其中的一部分
 - 使用减号（-）搜索。
 - 3. 表示“或”的关系
 - 使用字符“|”。
 - 4. 表示表达式是一个整体单元
 - 使用括号“（）”。
- 目前比较著名的，都是基于WWW服务的搜索引擎
 - 谷歌（<http://www.google.com/intl/zh-CN/>）
 - 百度（<http://www.baidu.com/>）
 - 雅虎（<http://www.yahoo.com>）
 - 搜狐（<http://www.sohu.com>）

P2P



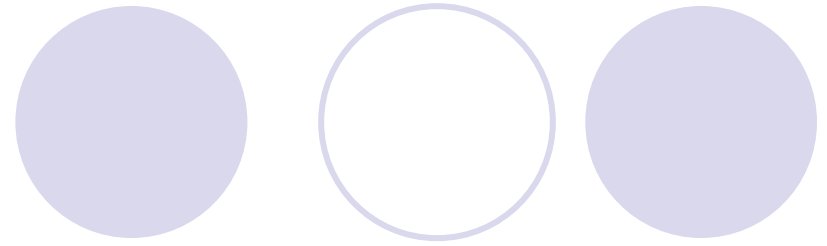
- 德国互联网调研机构ipoque称，P2P已经彻底统治了当今的互联网，其中50-90%的总流量都来自P2P工作组程序。

起源



- 早在1998年，美国东北波士顿大学的一年级新生、18岁的肖恩·范宁为了能够解决他的室友的一个问题——如何在网上找到音乐而编写的一个简单的程序，这个程序能够搜索音乐文件并提供检索，把所有的音乐文件地址存放在一个集中的服务器中，这样使用者就能够方便地过滤上百的地址而找到自己需要的MP3文件。到了1999年，令他们没有想到的是，这个叫做Napster的程序成为了人们争相转告的“杀手程序”——它令无数散布在互联网上的音乐爱好者美梦成真，无数人在一夜之内开始使用Napster。在最高峰时Napster网络有8000万的注册用户，这是一个让其他所有网络望尘莫及的数字。这大概可以作为P2P软件成功进入人们生活的一个标志。
- 1999年1月，18岁的美国东北波士顿大学的一年级新生肖恩·范宁开始了Napster程序的服务
- 1999年5月，Napster公司宣告成立

P2P技术软件



- eMule eMule
- OPENEXT
- 迅雷Thunder
- 易载ezpeer
- Kuro M3
- 酷狗(KuGoo)
- APIA
- iMesh
- BearShare

分类



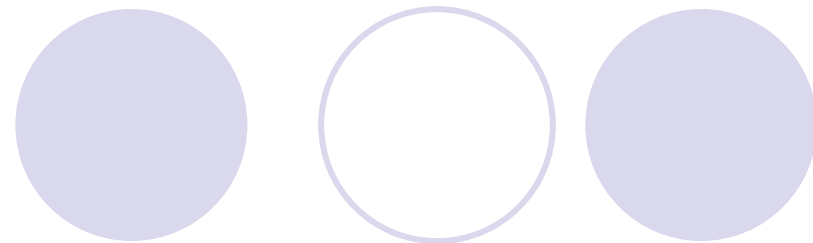
- 依中央化程度

- 分为纯P2P（Gnutella）
- 杂P2P（Napster）
- 混合P2P（skype）

- 依网路拓扑结构

- 分为结构P2P（Chord、CAN）
- 无结构P2P（Gnutella）
- 松散结构P2P（Freenet）

无线通信技术



- 无线电波

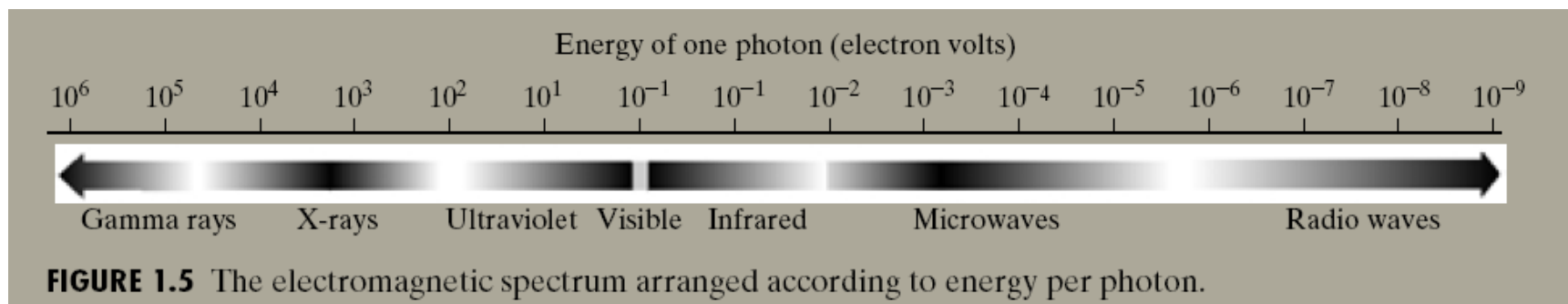
- 短波通信（广播和电视台）
- 卫星通信
- 微波通信
- 蜂窝网数字移动通信
- 无线局域网
- 蓝牙

- 红外线

- 激光

无线电波

- 电磁波是看不见、摸不着的，但它却是实实在在地存在于我们周围的一种物质的运动形式。在广播电视和通信中，电磁波通常被叫做无线电波。
- 除了无线电波之外，电磁波还包括红外线、可见光、紫外线以及γ射线等，都会产生电磁辐射，它们之间的区别仅仅是波的频率不同而已。
- 能用于通信的无线电频率范围已经从大约100kHz扩展到了约100GHz以上。

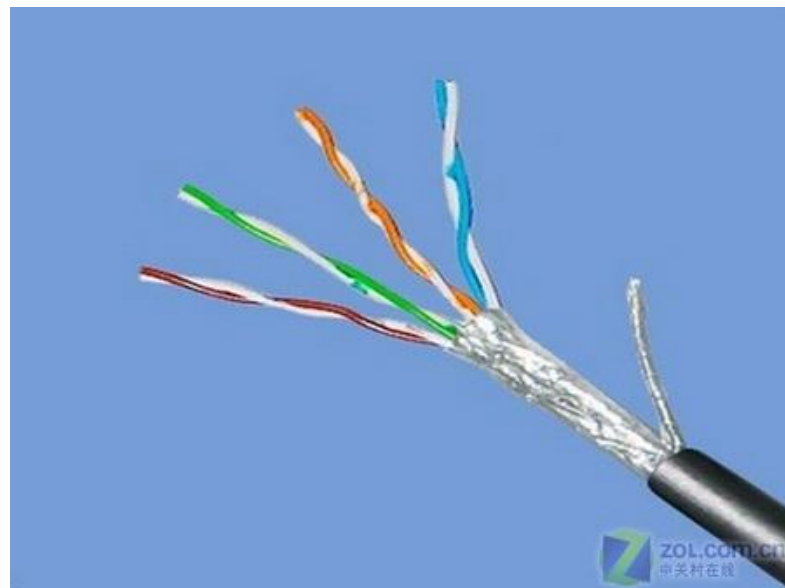
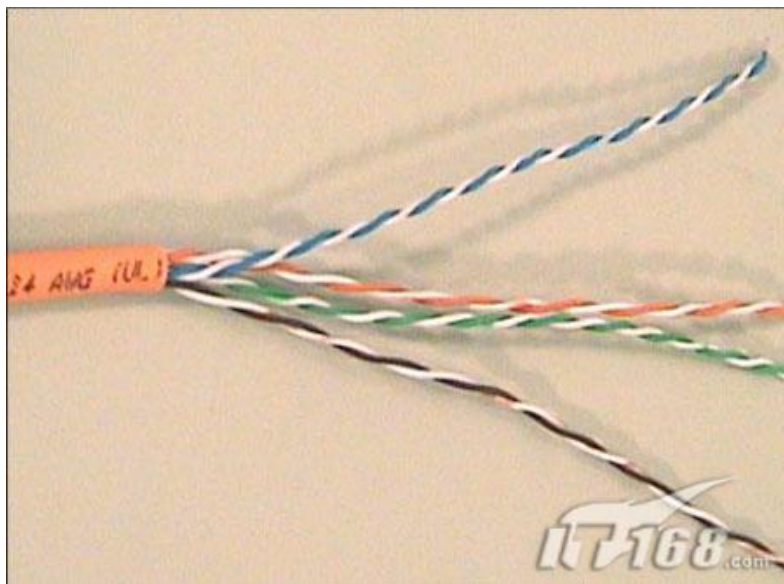


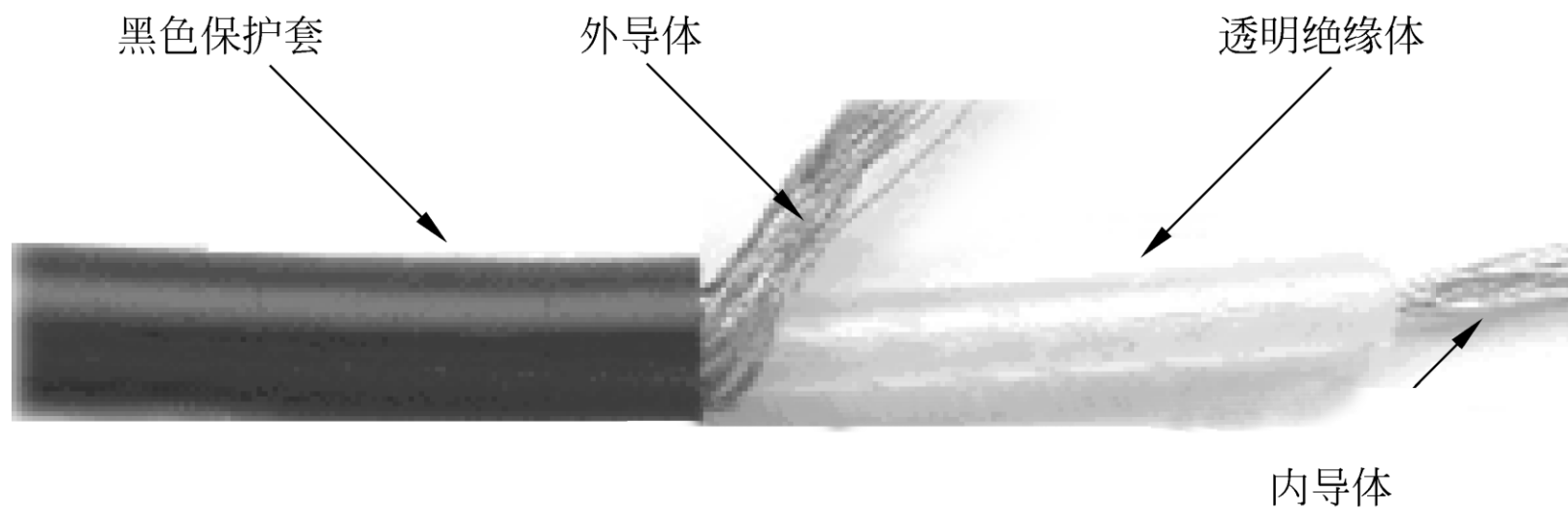
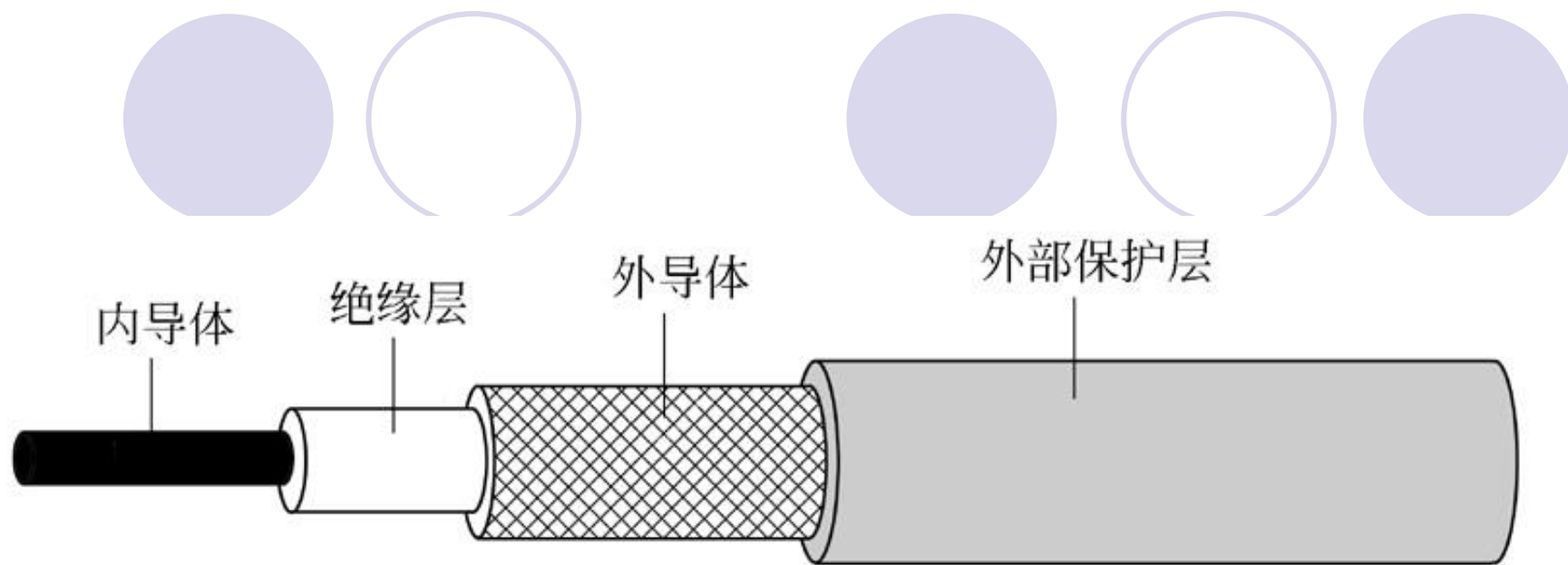
无线电波频率划分与应用

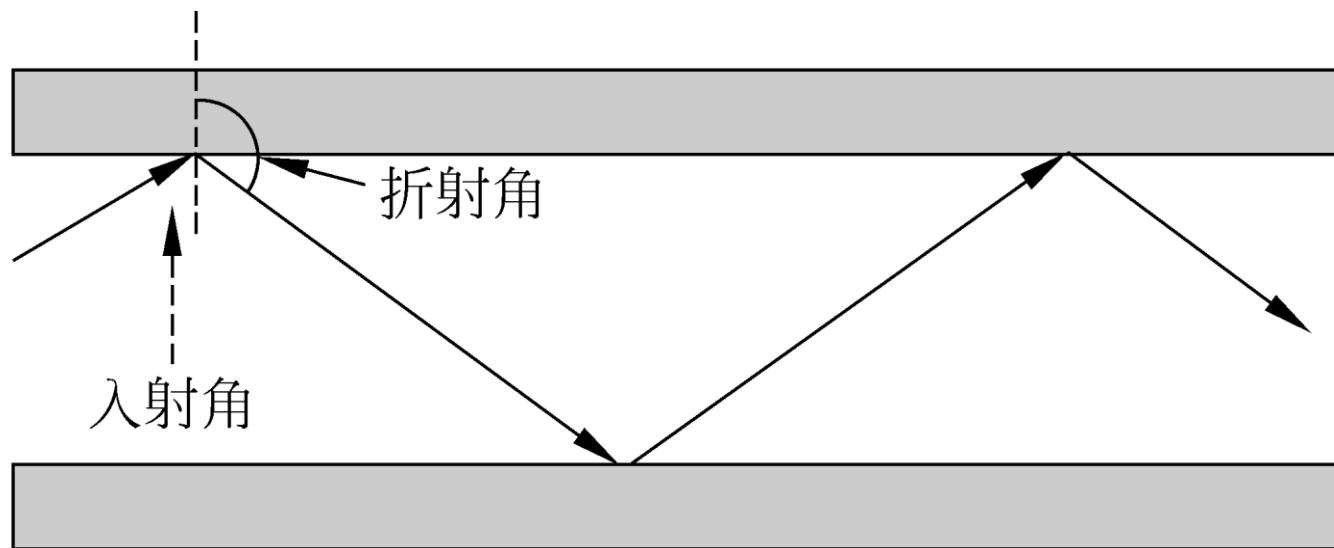
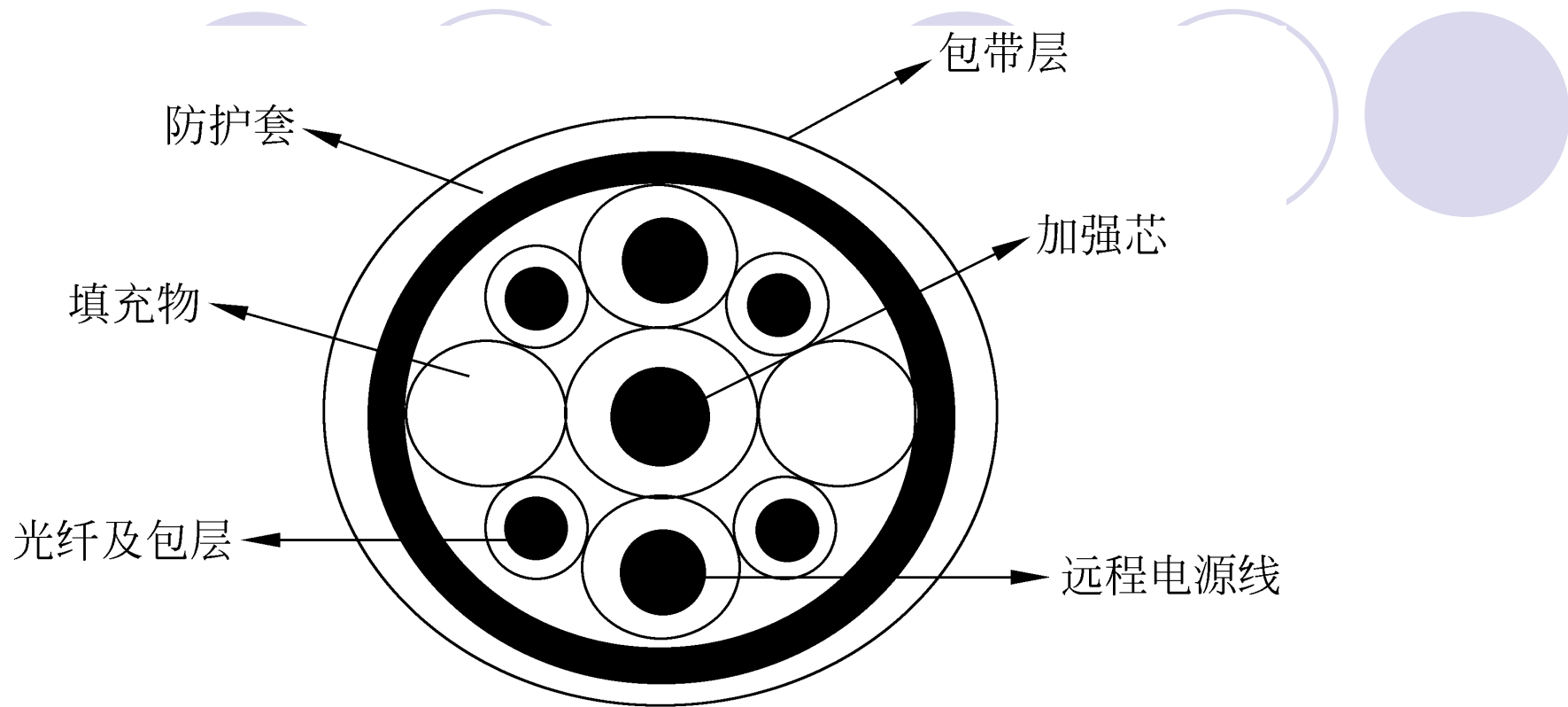
频率范围	波长范围	符号	通称		用途
			频段	波段	
3Hz~30kHz	$10^8 \sim 10^4 \text{m}$	VLF	甚低频	长波	音频、电话、数据终端、长距离导航时标
30~300kHz	$10^4 \sim 10^3 \text{m}$	LF	低频	长波	导航、信标、电力线通信
300kHz~3MHz	$10^3 \sim 10^2 \text{m}$	MF	中频	中波	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
3MHz~30MHz	$10^2 \sim 10 \text{m}$	HF	高频	短波	移动无线电话、短波广播、定点军用通信、业余无线电
30~300MHz	$10 \sim 1 \text{m}$	VHF	甚高频	米波	电视、调频广播、空中管制、车辆通信、导航
300MHz~3GHz	$100 \sim 10 \text{cm}$	UHF	特高频	分米波	电视、空间遥测、雷达导航、点对点通信、移动通信
3~30GHz	$10 \sim 1 \text{cm}$	SHF	超高频	厘米波	微波接力、卫星和空间通信、雷达
30~300GHz	$10 \sim 1 \text{mm}$	EHF	极高频	毫米波	雷达、微波接力、射电天文学
$10^5 \sim 10^7 \text{GHz}$	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6} \text{m}$		紫外、可见光、红外		光通信

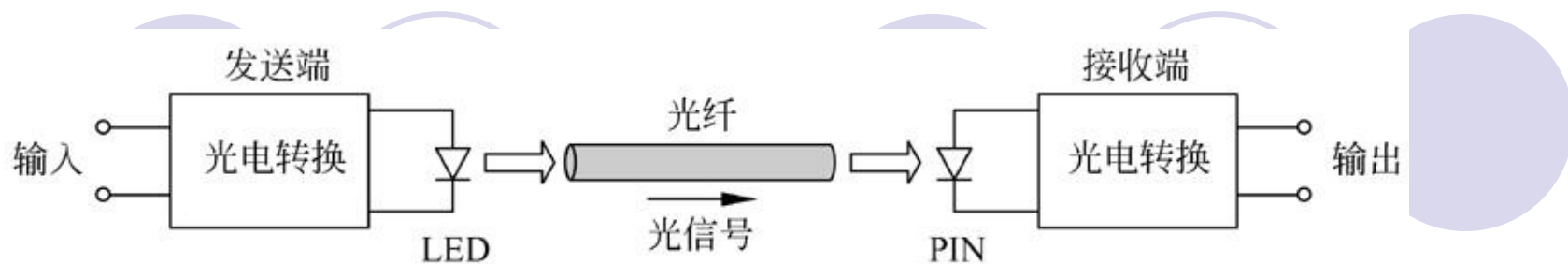
无线信道

- 有线信道包括双绞线、同轴电缆和光纤
- 无线信道有中、长波的地波传播信道、短波的电离层反射传播信道、超短波和微波的直射传播以及各种散射传播信道等

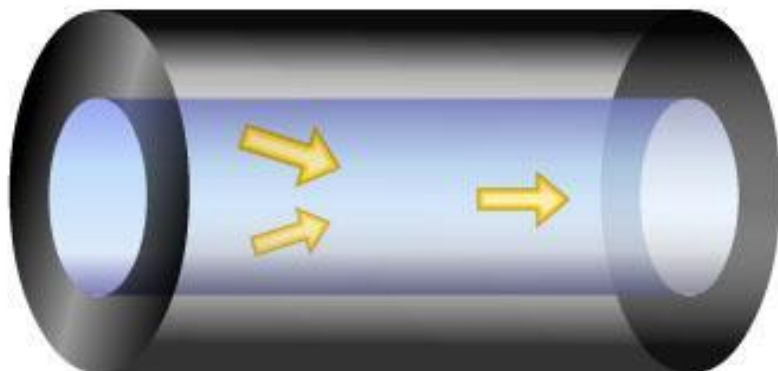




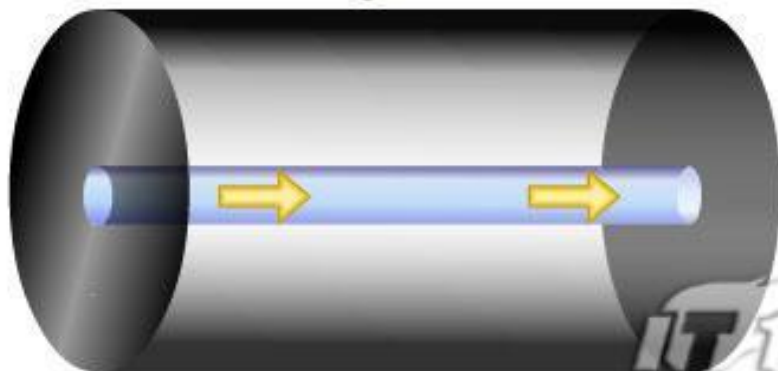




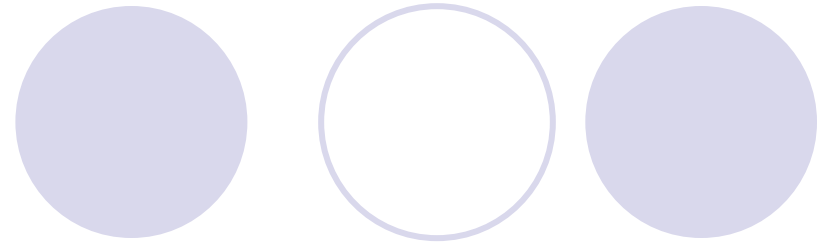
多模光纤



单模光纤



电磁波的传播方式



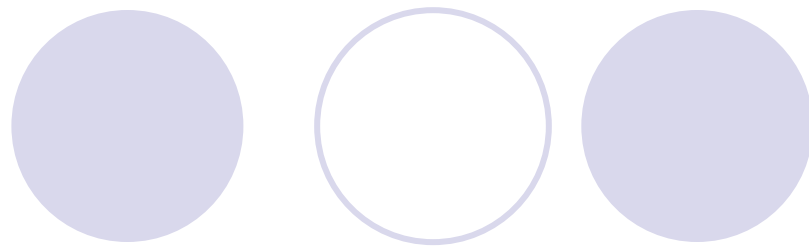
- 直射
- 反射
- 绕射
- 散射

数字通信

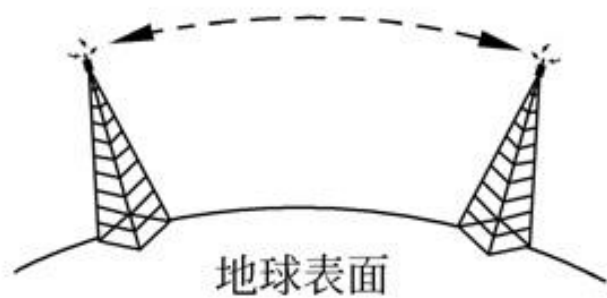
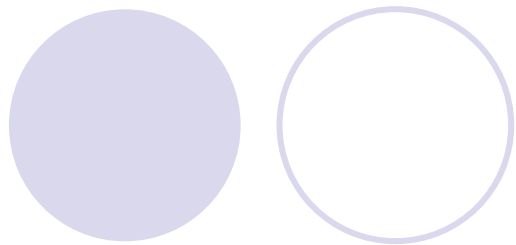


- ①抗干扰能力强，通信质量高，可以通过再生而消除噪声的积累；
- ②数字设备集成度高，便于大规模生产，成本低，效率高；
- ③能够充分发挥计算机的强大数据处理能力，可以将语音通信和数据通信融合成综合业务数据网：
- ④保密性能好。

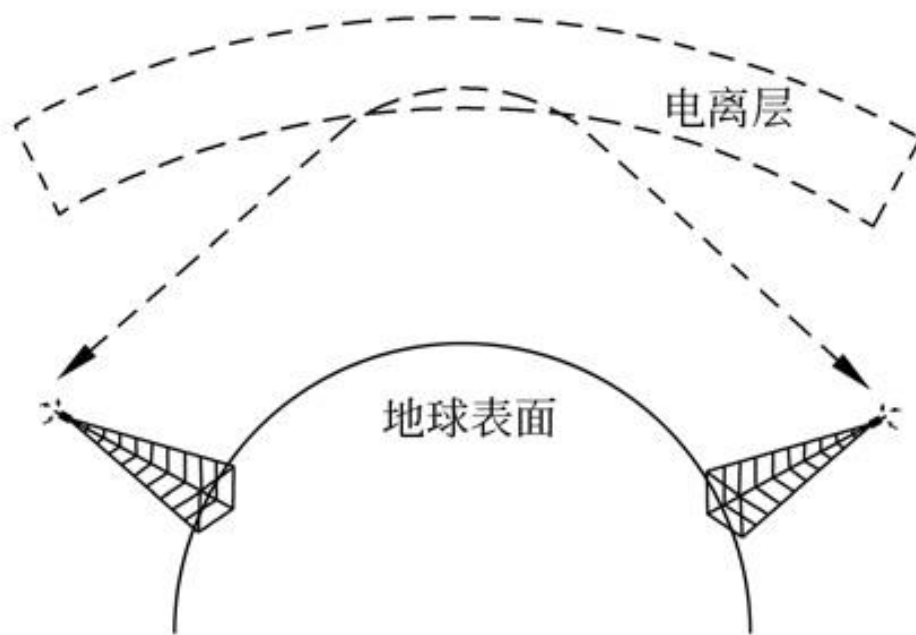
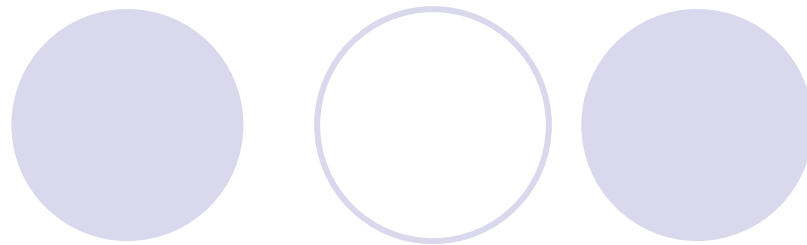
现代短波通信



- 短波通信是指利用波长为100 m至10 m(频率为3 MHz至30 MHz)的无线电波进行的通信。
- 短波通信又称为高频(HF)无线电通信，它广泛应用于军事、气象、交通、通信、导航、广播等各个领域。
- 短波通信可以利用地波传播，但更主要的是利用电离层反射进行传播。信号经地面与电离层之间多次反射(多跳传播)之后，可以达到极远的地方，因此可以进行环球通信。

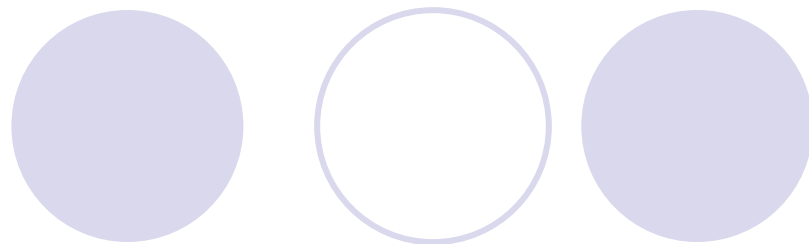


(a)



(b)

短波通信的优点



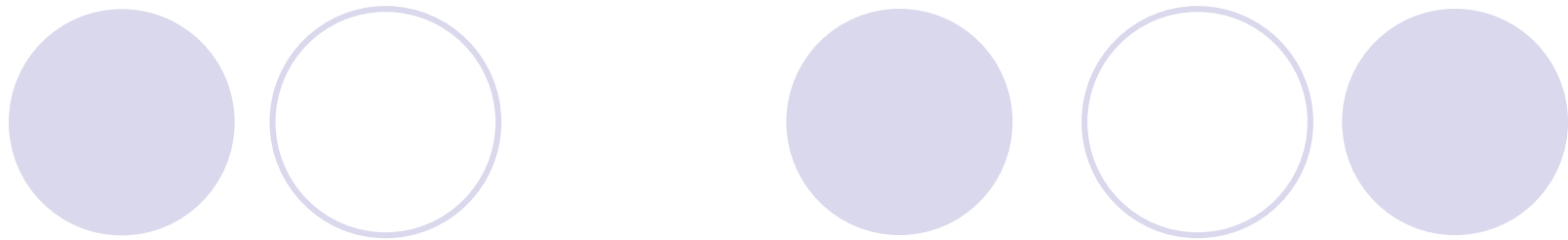
- ①短波通信可用低廉的成本实现远距离通信。它设备简单，既可以根据使用要求固定设置，进行定点固定通信，也可以背负或装入车辆、舰船、飞行器中进行移动通信。
- ②通信设备体积小，容易隐蔽，可以方便地改变工作频率，以躲避干扰和窃听。
- ③短波电台临时组网方便、迅速，具有很大的使用灵活性，对自然灾害或战争的抗毁能力强，遭到破坏后容易恢复。

短波通信的缺点

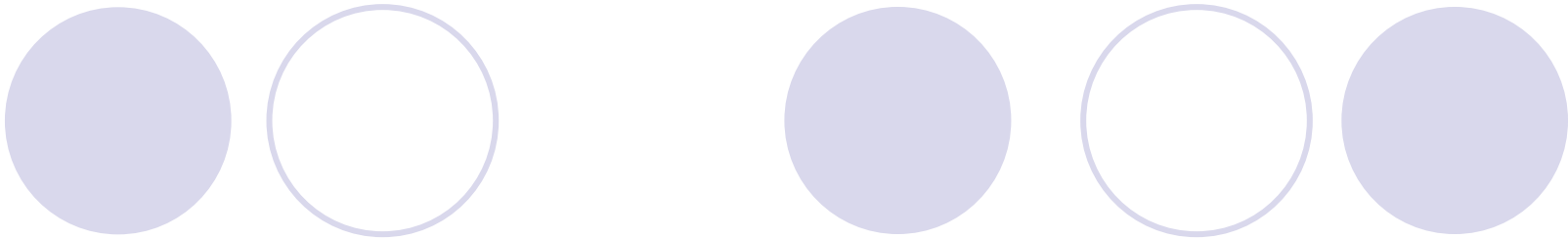
- ①可供使用的频段窄，通信容量小。按照国际规定，每个短波电台占用3.7 kHz的频带宽度，而整个短波频段可利用的频率范围只有28.5 MHz，为了避免相互间的干扰，全球只有7700多个可用的短波信道。
- ②信道条件差。短波无线通信主要依赖电离层进行远距离信号传输，而电离层作为短波传输的主要信道的弱点是参量的可变性很大。
- ③大气和工业无线电噪声干扰严重。短波频段工业电器辐射的无线电噪声干扰平均强度很高，加上大气无线电噪声和无线电台间干扰，影响着短波通信的可靠性。

数字移动通信的历史

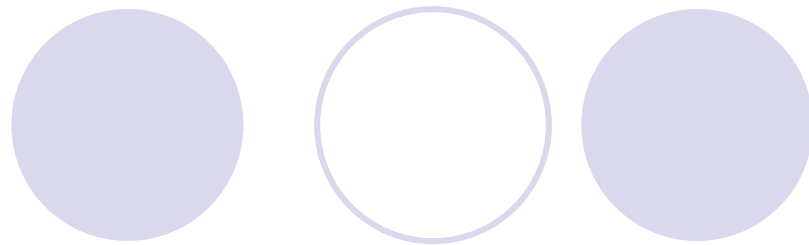
- 20世纪20年代美国底特律市警察使用的车载无线电系统，可以算是最早的专用移动通信系统，使用无线电短波频率波段。
- 1946年，根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划，贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网——“城市系统”。
- 联邦德国(1950年)、法国(1956年)、英国(1959年)等国研制的公用移动电话系统相继问世。



- 1978年底，贝尔实验室研制成功先进移动电话系统(Advanced Mobile Phone system, AMPS)，建成了模拟蜂窝移动通信网。1983年首次在芝加哥投入商用。
- 20世纪80年代中期，欧洲首先推出了泛欧数字移动通信网(GSM)的体系，于1991年7月开始投入商用，很快就遍布欧洲。
- 我国从1997年开始引进GSM，不到5年时间，GSM系统已遍及大江南北，用户数超过1亿。

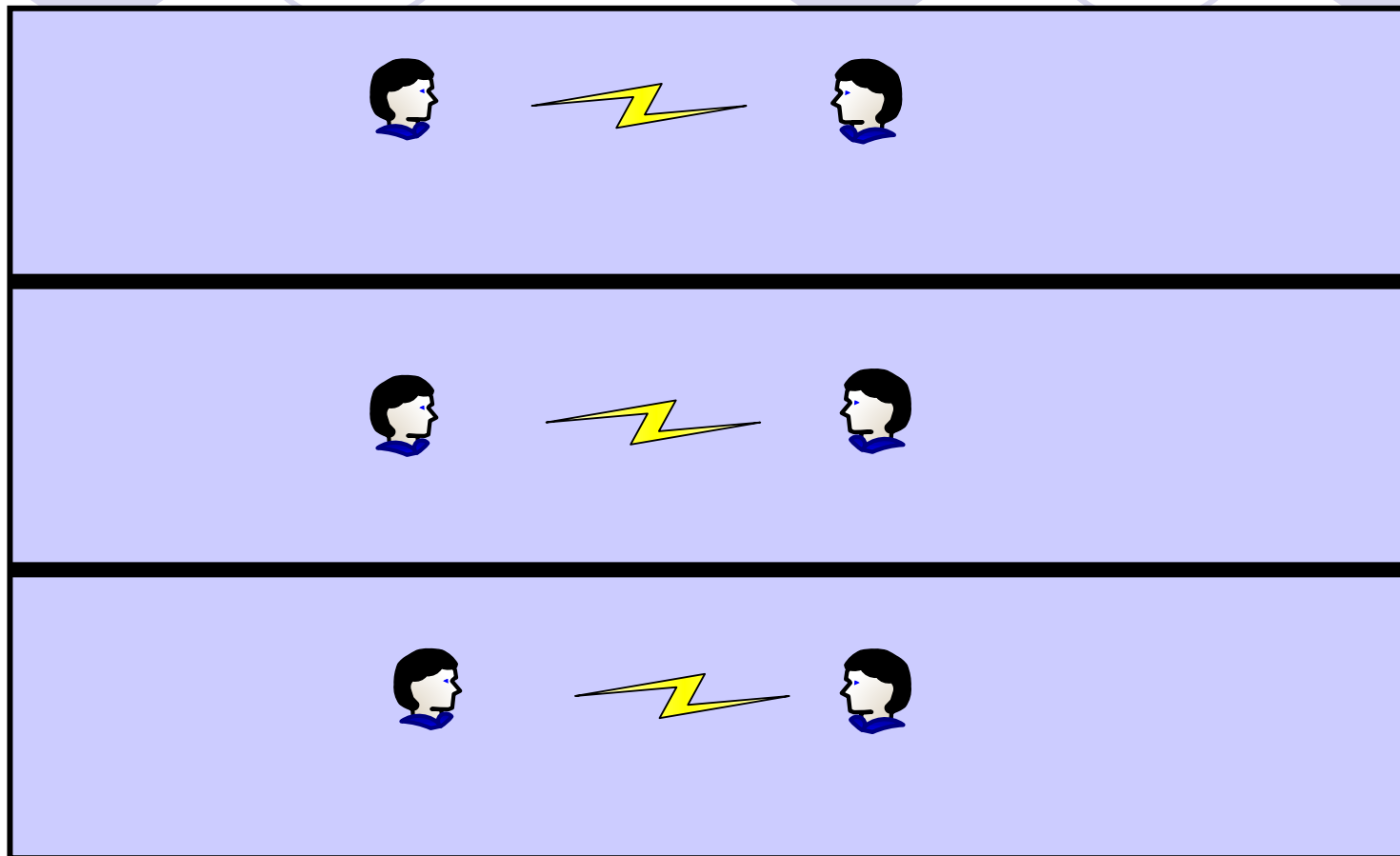
- 
- 美国则从另一个角度研究新的系统，高通公司(Qualcomm)开发成功了CDMA数字蜂窝移动通信系统，1993年7月该体制被采纳为北美数字蜂窝网标准，定名为IS-95。IS-95又称为窄带码分多址(N-CDMA)蜂窝网通信系统。
 - 后来又有公司提出了一种宽带码分多址(B-CDMA)蜂窝网通信系统，信息传输速率可达144kb/s。
 - 我国研究开发的TD-SCDMA已经被国际电联(ITU)接受，成为世界上为数不多的拥有独立的第三代移动通信自主技术的国家之一。

移动通信的特点

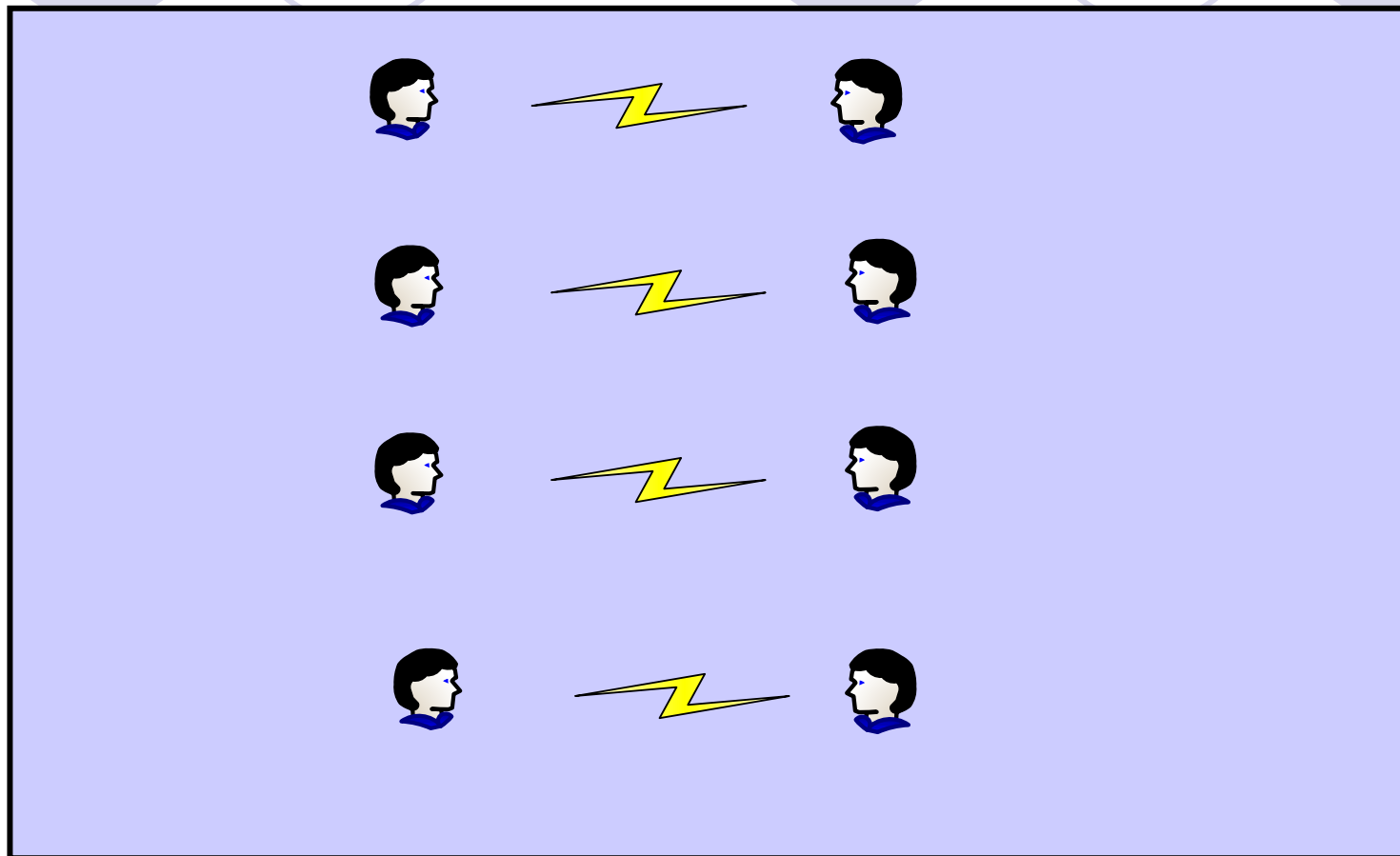


- ①电波传播条件恶劣
- ②环境噪声、干扰和多普勒频移影响严重
- ③组网技术比固定通信复杂
- ④频率资源有限和用户增加的矛盾突出

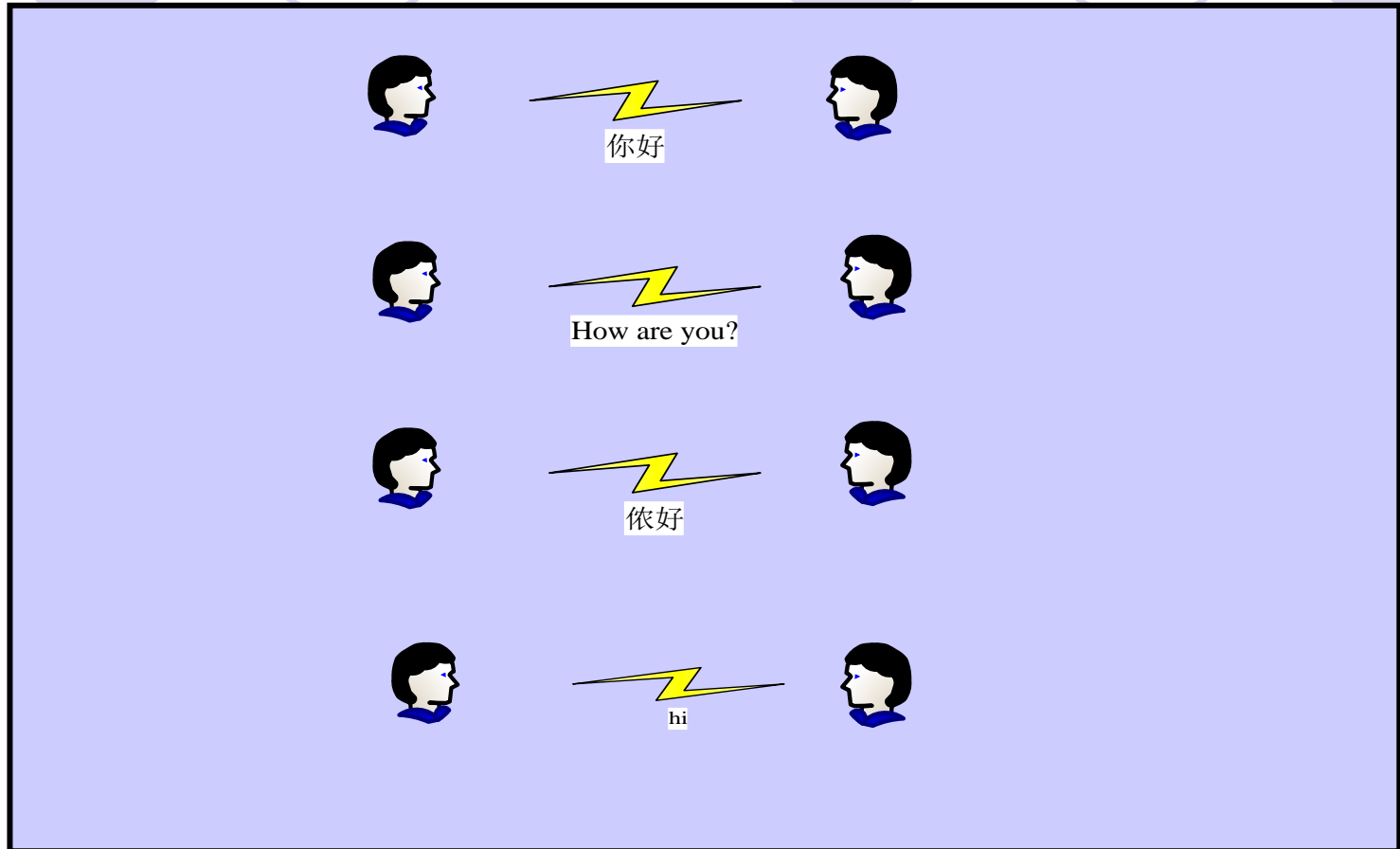
频分多址 (FDMA)



时分多址 (TDMA)



码分多址 (CDMA)

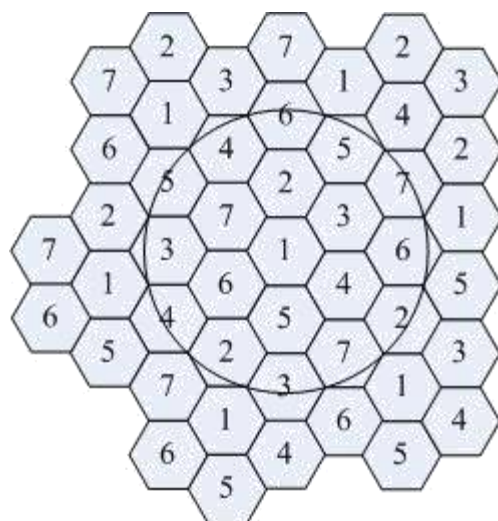
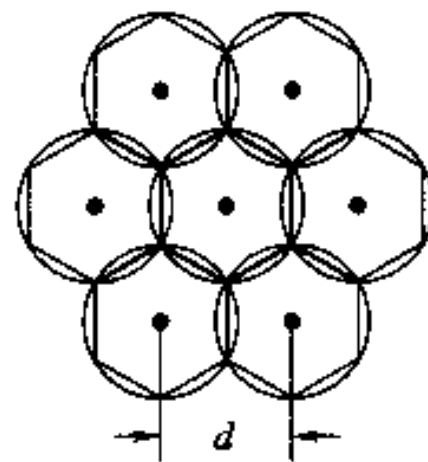
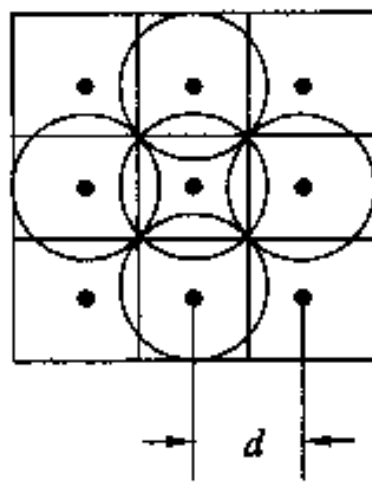
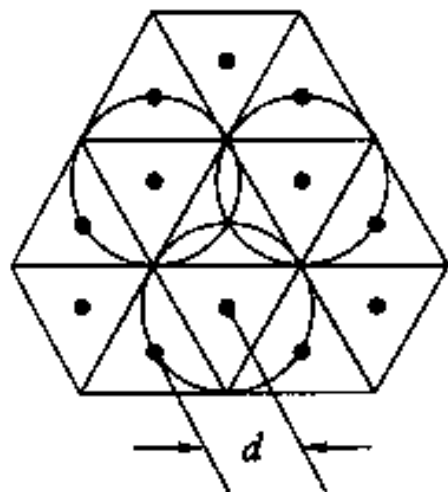


蜂窝数字移动通信网

- 移动通信网的服务区体制可分为大区制和小区制两种。
 - 早期的公用移动电话系统采用大区制工作方式。所谓大区制，就是用一个基站覆盖整个服务区。它的特点是，基站只有一个天线，架设高、功率大，覆盖半径也大，服务区半径通常为20-50 km。采用这种方式虽然设备较简单，投资少，见效快，但容纳的用户数有限，通常只有几百用户。
 - 为了解决有限频率资源与大量用户的矛盾，可以采用小区制的覆盖方式。小区制就是将整个服务区划分为若干个小小区，在各小区中分别设置基站，负责本小区移动通信的联络和控制。另外设立移动交换中心，负责与各基站之间的联络和对系统的集中控制管理。多个基站在移动交换中心的统一管理和控制下，实现对整个服务区的无缝覆盖。

蜂窝的原理

- 一个全向天线辐射的覆盖区是个圆形，为了不留空隙地覆盖一个面状服务区，一个个圆形辐射区之间一定会有很多的重叠区域。去除重叠之后，每个辐射区的有效覆盖区是一个多边形。
- 若每个小区相间 120° 设置三个邻区，则有效覆盖区为正三角形；若每个小区相间 90° 设置四个邻区，则有效覆盖区为正方形；若每个小区相间 60° 设置六个邻区，则有效覆盖区为正六边形。

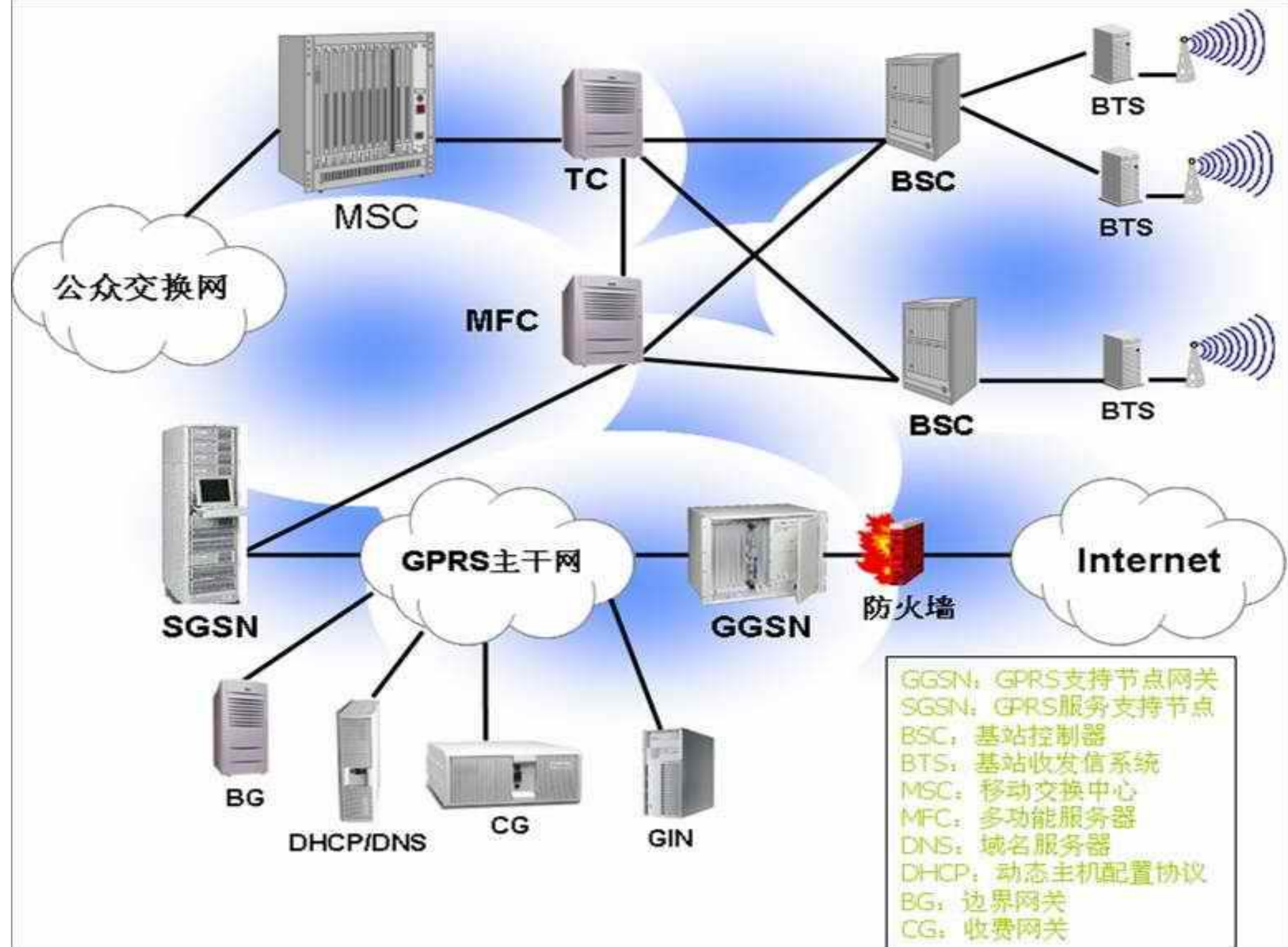


GSM系统

- 1982年欧洲成立了一个移动特别小组(Group Special Mobile, GSM), 开始制订一种泛欧数字移动通信系统的技术规范。从1991年开始, 这一系统在德国、英国和北欧许多国家投入试运行, 建立了欧洲第一个GSM系统, 并赋予GSM新的含义, 将GSM正式更名为Global System for Mobile communications。
- GSM制式是第二代(2G)移动通信技术的代表, 使用频率为900 MHz和1.8 GHz频段。我国为上行890~915 MHz(移动台发、基站收), 下行935~960 MHz(基站发、移动台收)。数字话音速率为13kb/s, 数据速率为9.6 kb/s。

GPRS系统

- GPRS(General Packet Radio service)即通用分组无线业务，由英国BT Cellnet公司最早在1993年提出。
- 它是一种基于GSM的面向用户提供移动分组的IP或者X.25连接的移动分组数据业务网。
- GPRS不会取代目前GSM网络支持的CSD(电路交换数据)和SMS(短消息)等数据业务，而是对目前GSM网络的补充。
- GPRS是GSM向3G系统演进的重要一环，是第二代GSM系统过渡到第三代CDMA系统的必经之路，所以GPRS又被称为“2.5G”。



GPRS的优点

- ①资源利用率高。GPRS采用分组交换传输技术。分组交换的一大优点是可以灵活分配网络资源，用户只有在发送或接收数据期间才占用资源，这就意味着多个用户可以高效率地共享一条无线信道。
- ②数据传输速率高。GPRS能够提供比现有GSM网9.6kb/s更高的数据传输速率，理论上可达115kb/s，最大可达170 kb/s。
- ③永远在线。GPRS在不传输数据时并不与网络断开，只是把信道让出来，如要继续传输数据，接入时间小于1秒，能提供快速即时的连接。
- ④支持IP协议和X.25协议。GPRS支持Internet上应用最为广泛的IP协议和X.25协议，可以与多种网络交互，促进了通信和数据网络的融合。

GPRS的应用



- 移动互联网业务(Web浏览、E-mail、FTP和Telnet等);
- 移动办公;
- 电子商务和电子银行;
- 信息点播;
- 家庭监视与控制;
- 多媒体聊天、娱乐游戏等。

CDMA蜂窝移动通信的优点

- ①通信容量更大，频谱利用率更高
- ②抗干扰能力强，适合多径衰落信道传输
- ③可实现越区软切换
- ④信道利用率高
- ⑤频率管理简单

三种代表性3G系统制式

- WCDMA又称宽带CDMA或UTRA TDD，主要由欧洲ETSI提出。代表厂商有爱立信、诺基亚和NTT等。
- CDMA 2000由美国TIA TR45.5提出。其核心是由朗讯、摩托罗拉、北方电讯和高通联合提出的宽带CDMA one技术。
- TD-SCDMA标准是由我国信息产业部电信科学技术研究院(CATT)和德国西门子公司合作开发的。TD-SCDMA将首先在中国使用，并正考虑在全球范围内进行推广。

- **1G** (AMPS)
 - FDMA (模拟式)
- **2G** (GSM, CDMAOne)
 - TDMA CDMA (数字式)
 - SMS
- **2.5G** GPRS CDMA1x
 - 增加数据通信, 核心网络采用IP技术
 - 170kb/s
- **2.75G** EDGE
 - 384kb/s
- **3G** CDMA
 - 2Mb/s
- **3G后** IP+3G, 无线城域网 (WiMax)
 - >20Mb/s; <=1GHZ
- **4G**: 1、多天线技术; 2、ipv6技术; 3、智能天线技术; 4、正交频分复用技术; 5、Routing技术; 2.3-3.9GHZ
- **5G**: 1、极致增密; 2、多网协同; 3、全双工, 4、毫米波; 5、大规模阵列天线; 6、虚拟化、软件控制以及云架构; 28-39GHZ
- **6G**: 6G网络很有可能从毫米波频段扩展到太赫兹波频段(95GHz-3THz), 将有望能够实现水下信号的覆盖, 今后6G的峰值速度有望能够达到100Gbps;

2G、3G、4G速率对比表

通信标准	2G		3G			4G
蜂窝制式	GSM	CDMA2000	CDMA2000	TD-SCDMA	WCDMA	TD-LTE
下行速率	236kbps	153kbps	3.1Mbps	2.8Mbps	14.4Mbps	100Mbps
上行速率	118kbps	153kbps	1.8Mbps	2.2Mbps	5.76Mbps	50Mbps

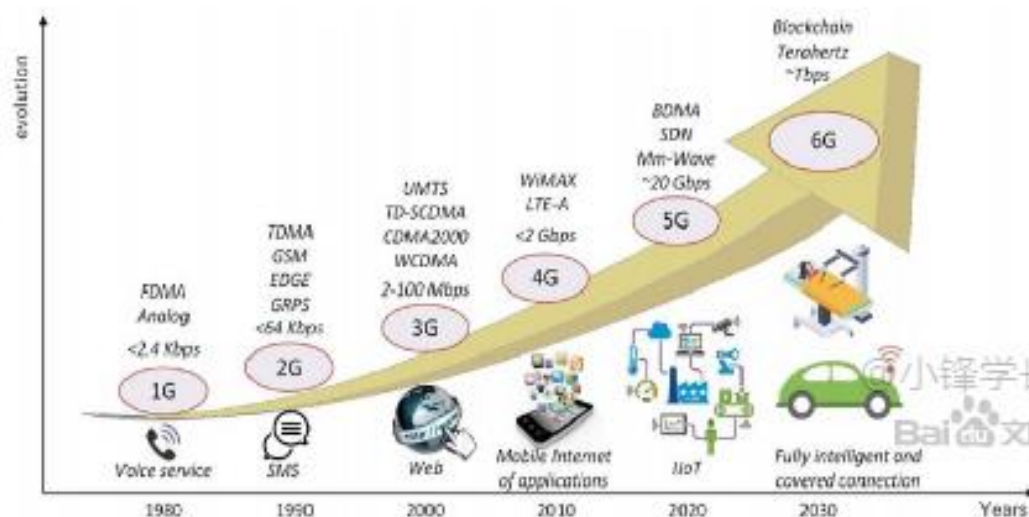
TELECOM NETWORK PROGRESSION BY GENERATION

	INTRODUCTION YEAR	TOP DOWNLOAD SPEEDS	TIME TO DOWNLOAD A MOVIE (3GB)
1G	1979	2 Kbps	1 movie - Nearly 6 days
2G	1991	100 Kbps	1 movie - More than 2.5 hours
3G	1998	8 Mbps	1 movie - Nearly 2 minutes
4G	2008	150 Mbps	1 movie - 20 seconds
5G	2018	10 Gbps	3 movies - 1 second
6G	2030 [Expected]	1 Tbps	300 movies - 1 second

6G发展

自从日本电报电话公共公司(NTT)在1979年12月发起了世界上第一个蜂窝移动通信服务以来,移动通信技术每十年就发展到新一代系统。

- 从第一代(1G)到第二代(2G), **语音通话**是主要的通信方式,简单的电子邮件成为可能。
- 从第三代(3G)开始, **数据通信**(如i-mode)和**多媒体信息**(如照片、音乐和视频)可以通过移动设备进行通信。
- 从第四代(4G)开始,由于采用了长期演进(Long Term Evolution, LTE)技术,超过100Mbps的高速通信技术使**智能手机**得到了爆炸性的普及,目前已达到接近最高1 Gbps的通信速度。
- 第五代(5G)网络的数据传输速率远远高于以前的蜂窝网络,最高可达**10Gbit/s**,网络延迟低于1毫秒。
- 第六代(6G)有望支持**1TB/s**的速度。这种级别的容量和延迟将是空前的,它将扩展5G应用的性能,并扩展功能范围,以支持无线认知,感测和成像领域中越来越多的创新应用。



6G发展

后5G时代的通信系统研究必须考虑**电路和设备制造能力**，6G中需要特别关注的是设备的电池寿命，而不是数据速率和延迟。

此外，可以预见的是，将来的无线通信将提供与**有线通信**相同水平的可靠性。

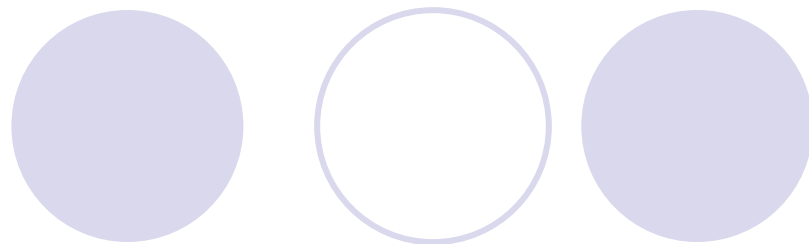
基于区块链技术的**网络去中心化**被认为是简化网络管理并在6G中提供令人满意的性能的关键。

在与6G有关的所有技术工作中，**太赫兹通信、人工智能（AI）和可重新配置的智能表面**是最引人注目的想法，它们被视为无线通信中的革命性技术。

AI增强的6G被认为能够提供一系列的新特性，例如，自聚合、上下文感知、自配置等。

此外，具有AI功能的6G将释放无线电信号的全部潜力，并实现从认知无线电到智能无线电的转变。从算法的角度来看，机器学习对于实现基于AI的6G尤其重要

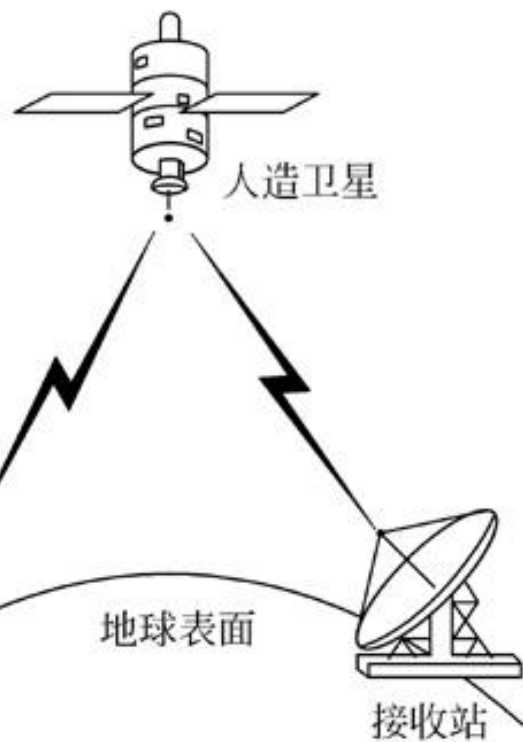
卫星通信系统



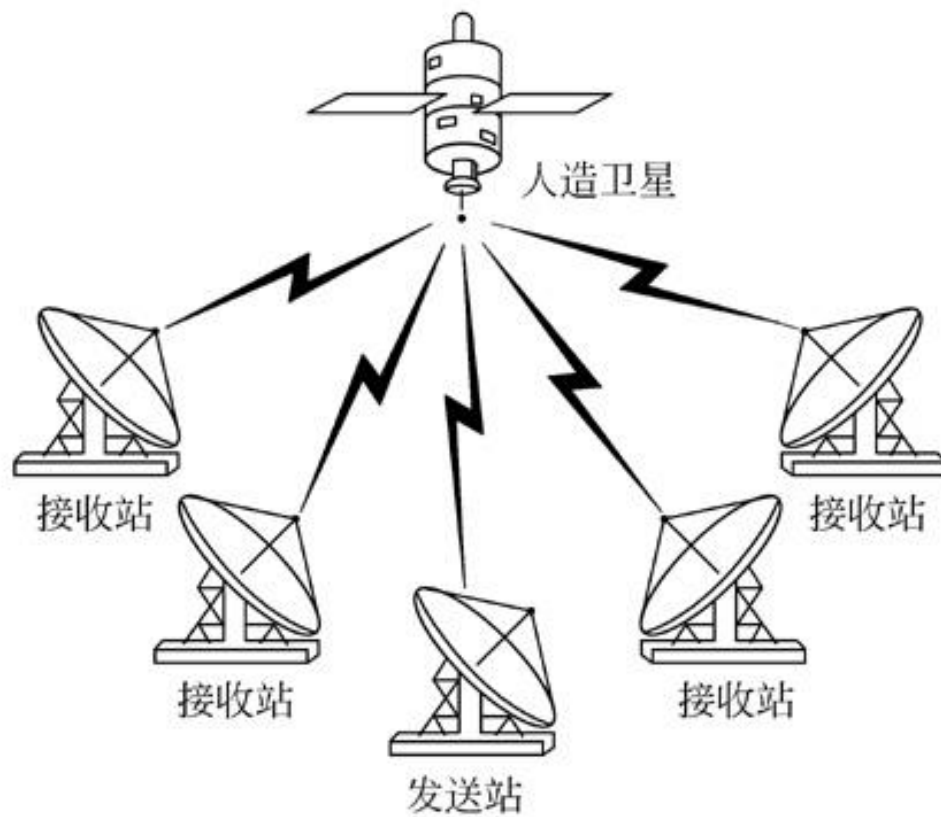
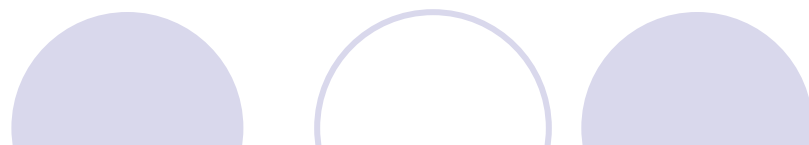
- **1963年**，美国宇航局发射成功第一颗试验性静止同步通信卫星“辛康姆”，并成功地用它进行了1964年东京奥运会的实况转播。
- **1965年**，国际通信卫星组织(INTELSAT)把第一颗商用通信卫星“晨鸟”送入地球静止同步轨道。
- 卫星通信在军事、民用通信以及移动通信和广播电视上得到越来越广泛的应用。

卫星通信原理

- 卫星通信实际上是将**通信卫星作为空中中继站**，将某一地球站发射来的微波无线电信号转发到另一个地球站，从而实现的两个或多个地域之间的微波通信。
- 可以认为卫星通信是地面微波中继通信的继承和发展，是微波接力通信向太空的延伸。卫星通信是在微波通信和航天技术基础上发展起来的一门新兴的无线通信技术。



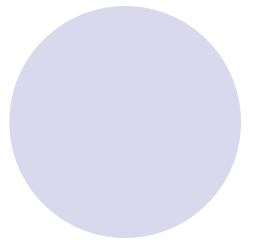
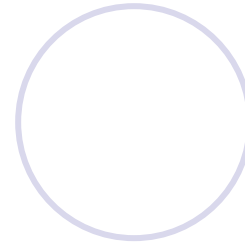
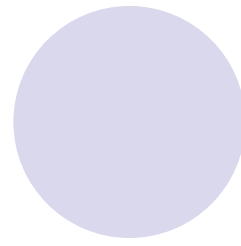
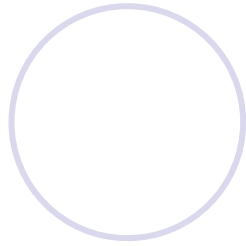
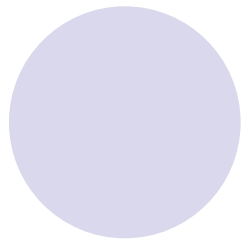
(a)



(b)

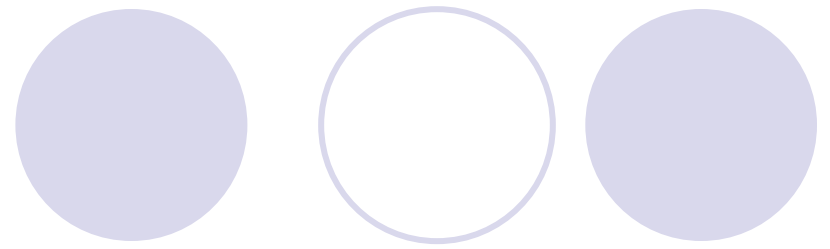
卫星通信系统的分类

- 根据通信卫星距离地面的高度：
 - ①高地球轨道卫星系统(HEO)。卫星距地面高度超过20000 km以上。
 - ②中地球轨道卫星系统(MEO)。卫星距地面高度5000-20000 km。
 - ③低地球轨道卫星(LEO)。卫星距地面500-5000 km。
- 按卫星的运行周期以及卫星与地球上任一点的相对位置关系：
 - ①同步卫星系统。
 - ②非同步卫星系统。



- 目前，卫星通信系统大部分是同步卫星系统。因为静止同步卫星距地面高达**35800 km**，一颗卫星对地球表面的可通信覆盖区可达到**40%**左右，地球上最远跨距达到**18000 km**，从理论上讲，只需要3颗这样的同步卫星，就可以实现全球范围(除两极地区之外)的通信。

卫星通信的特点



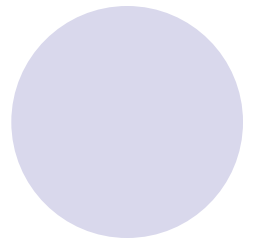
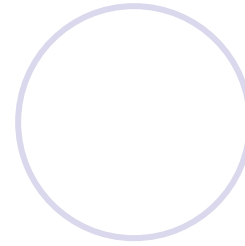
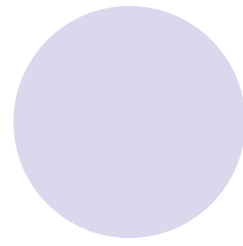
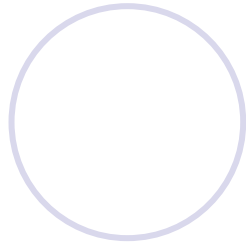
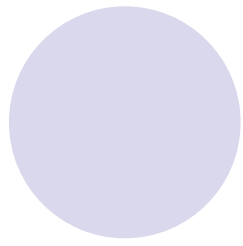
- ①通信距离远、覆盖地域广、不受地理条件限制
- ②具有多址连接特性，通信的灵活性大
- ③传播稳定可靠，通信质量高
- ④通信成本与通信距离无关
- ⑤可用的无线电频率范围大(频带宽)，通信容量大，传输业务类型多

卫星通信的主要局限性和缺点

- ①通信卫星使用寿命较短
- ②卫星通信系统技术复杂
- ③卫星通信有较大的传输延时，尤其是对于距离地球较远的静止同步卫星

INTELSAT及其通信技术

- **国际通信卫星组织(International Telecommunications Satellite Consortium, INTELSAT)**正式成立于1965年11月，是世界上建立最早、发展最快、遍及全球的商业卫星通信组织，总部设在美国华盛顿。
- 我国于1977年8月16日正式签署《**国际通信卫星组织协定**》，成为国际通信卫星组织的第98个成员国。

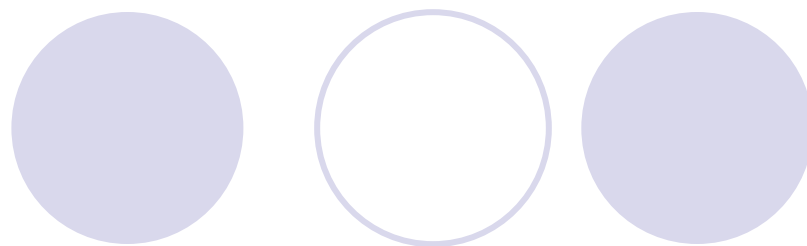


- 自1965年发射第一颗商用国际通信卫星I号(晨鸟)以来, INTELSAT已先后推出了9代系列(IS-I至IS-VX)60多颗卫星, 承担了大部分国际性通信业务和全球性电视、广播业务。

国际卫星通信组织的商业业务(IBS)

- ①数字电话；
- ②会议电话；
- ③电视会议；
- ④高速传真；
- ⑤批量数据传输；
- ⑥电子转账；
- ⑦远地报刊印刷；
- ⑧主计算机之间互连；
- ⑨公共交换数据网扩展。

卫星移动通信技术



- 1979年，国际海事卫星通信组织(INMARSAT)宣布正式成立，当时只有28个成员国。它先后租用美国Marisat、欧洲宇航局Marecs和国际通信卫星组织的Intelsat-V的卫星来运营，构成了第一代的INMARSAT海事卫星通信系统。
- 1989年将“国际海事卫星通信组织”更名为“国际移动卫星通信组织”，现已成为世界上唯一为海、陆、空用户提供全球卫星移动公众通信和遇险安全通信业务的国际组织。

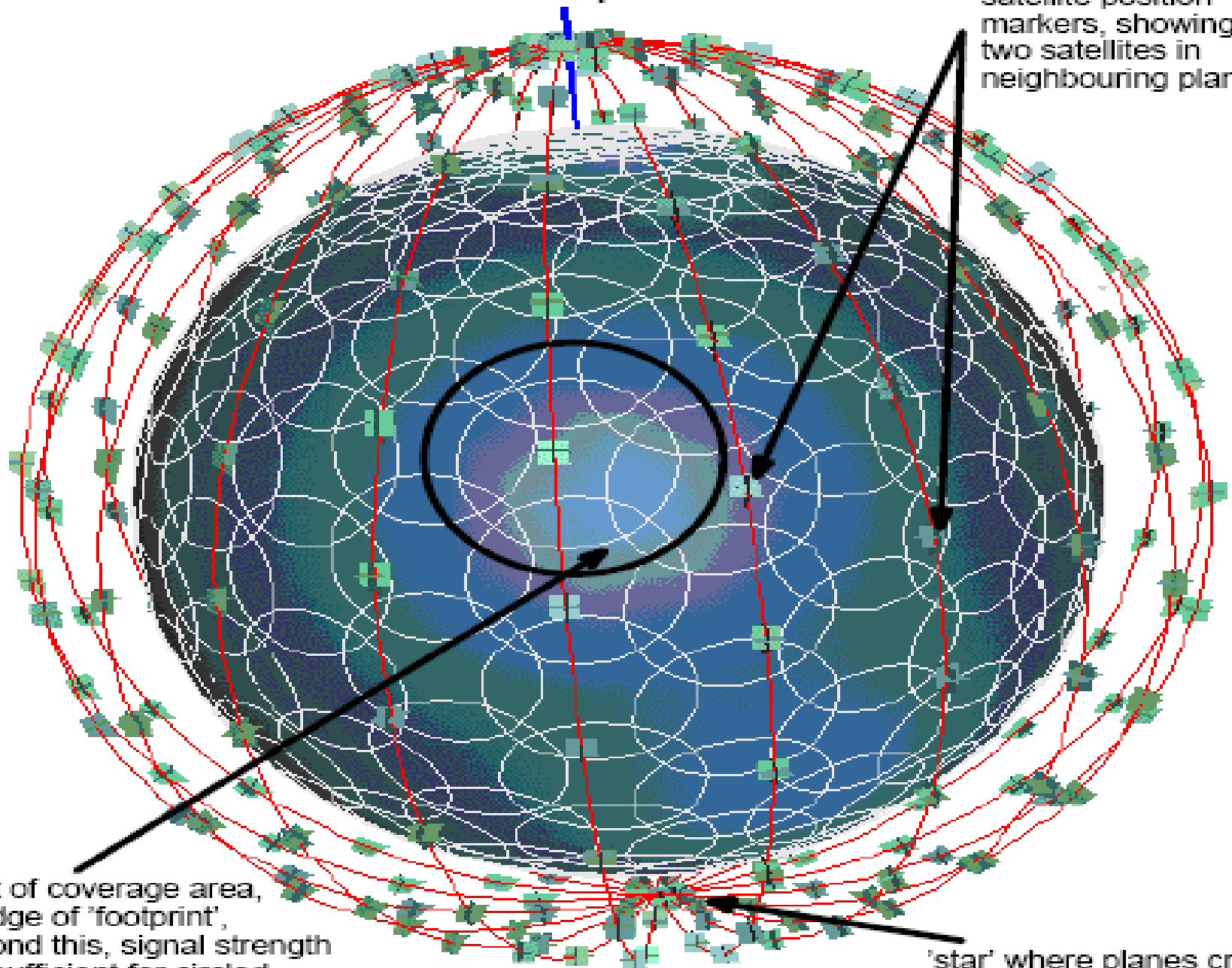


North pole

satellite position
markers, showing
two satellites in
neighbouring planes.

Limit of coverage area,
or edge of 'footprint',
Beyond this, signal strength
is insufficient for circled
satellite.

'star' where planes cross.



无线局域网

- 最具代表性有线局域网是IEEE 802.3 10BASE的以太网，采用双绞线作为基本传输介质，在教育、生产和办公自动化中发挥了很大的作用。
- **无线局域网**(Wireless Local Area Network, WLAN)是无线网络的一个重要分支，它使局域网技术应用用于无线信道成为可能。
- IEEE 802.11无线局域网标准的制定是无线局域网发展历史中的一个重要里程碑。IEEE 802.11规范了无线局域网的媒体访问控制(Medium Access Control, MAC)层和物理(Physical, PHY)层。IEEE 802.11标准使得各种不同厂商的无线产品得以互连。

无线局域网（WiFi, Wireless Fidelity）

- IEEE802.11
- 带宽
 - IEEE802.11a (54Mb/s)
 - IEEE802.11b (11Mb/s)
 - IEEE802.11g (54Mb/s)
 - IEEE802.11n (108Mb/s)
- 数据通信（共享）
- 载波侦听多路访问（CSMA）
- 工作在IP之下（透明的）