



第 1 章 计算机网络概述

课程名称：计算机网络

主讲教师：朱怡安

课程代码：U10M11016.02

第2讲

E-MAIL : zhuya@nwpu. edu. cn

2021—2022学年第一学期

计算机网络的定义

- 定义：计算机网络就是把多台地理位置不同的具有独立功能的计算机、通过通信设备（和线路）互连起来，以实现计算机之间的数据传输和资源共享的一种多计算机系统。
- 定义：计算机网络是指将地理位置不同的具有独立功能的多台计算机及其外部设备，通过通信线路连接起来，在网络操作系统，网络管理软件及网络通信协议的管理和协调下，实现资源共享和信息传递的计算机系统。
- 定义：将分布在不同地理位置上的具有独立工作能力的计算机、终端及其附属设备用通信设备和通信线路连接起来，并配置网络软件，以实现计算机资源共享的系统。

网络、计算机网络、互连网、因特网

- 网络：“网络”是一个统称，泛指把人或物互连在一起而形成的系统。
- 计算机网络：连接计算机的网络；
- 互连网（internet）：遵从某种网络协议，将不同的异构计算机网络互联起来的网络；即**网络的网络**
- 因特网（互联网）（Internet）：也叫“国际互联网”，是世界上最大互连网络。连接了全球很多网络，巨量的计算机节点。是一个特指的网络。

互联网与互连网	
因特网（互联网）（Internet）	互连网（internet）
相似之处	
网络的网络	网络的网络
不同之处	
特指遵循 TCP/IP 标准、利用路由器将各种计算机网络互连起来而形成的、一个覆盖全球的、特定的互连网	泛指由多个不同类型计算机网络互连而成的网络
使用 TCP/IP	除 TCP/IP 外，还可以使用其他协议
是一个专用名词	是一个通用名词

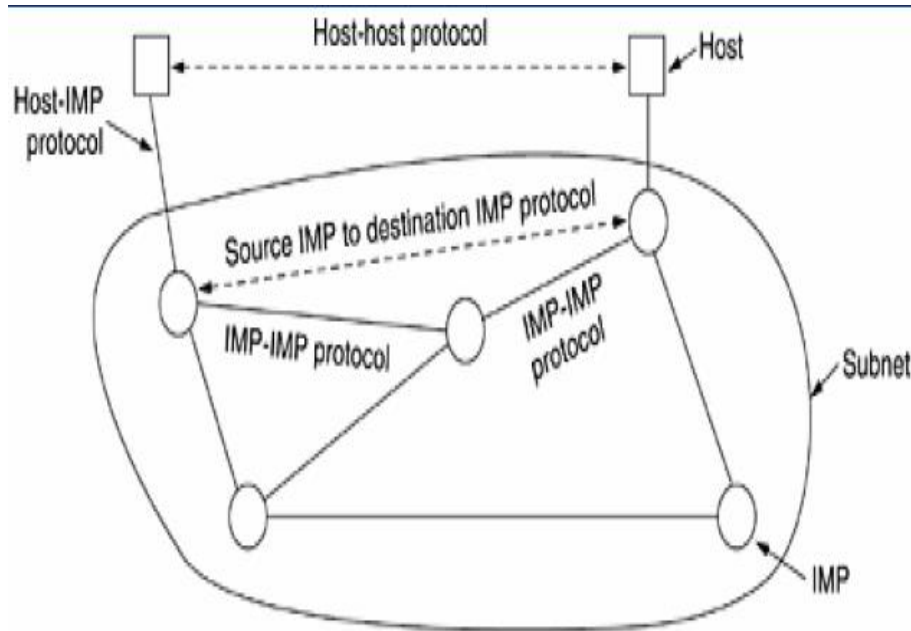
计算机网的发展历史？

第一阶段： ARPAnet网络阶段

● 原始的ARPAnet设计

第一个分组交换网 ARPAnet

最初只是一个单个的分组交换网。

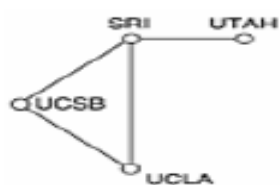


- Host: 信息输入/出、处理与存储
- IMP: 通信功能

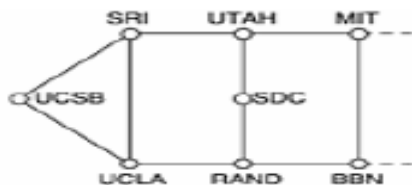
IMP (Interface Message Processors, 接口消息处理器)

计算机网络发展：第一阶段

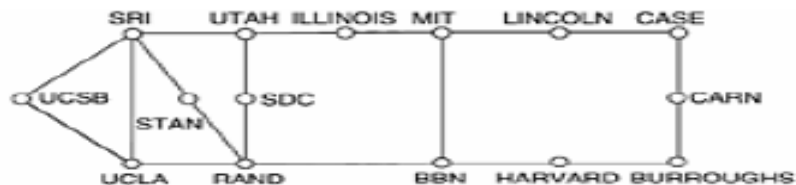
- ARPAnet的发展: (a) 1969年12月 (4, 洛杉矶的加利福尼亚州大学洛杉矶分校、加州大学圣巴巴拉分校、斯坦福大学、犹他州大学) (b) 1970年7月 (8) (c) 1971年3月 (15) (d) 1972年4月 (23) (e) 1972年12月 (34)



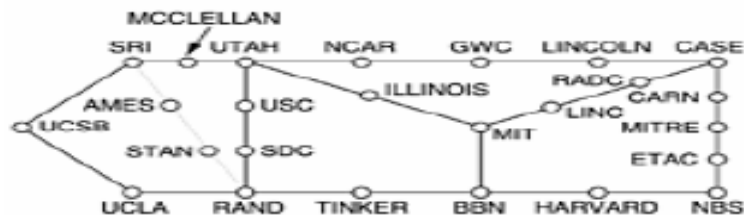
(a)



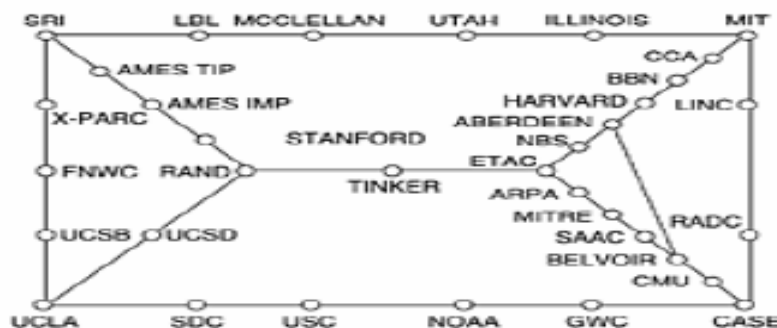
(b)



(c)



(d)



(e)

第一阶段： ARPAnet网络阶段

- 1975年，**arpanet**已经连入了**100**多台主机，并结束了网络试验阶段，移交美国国防部国防通信局正式运行。
- 总结第一阶段建网实践经验的基础上，研究人员开始了新一代网络协议的设计工作。这个阶段的重点是网络互联问题，网络互连技术研究的深入导致了**TCP/IP**协议的出现与发展。

第二阶段： TCP/IP的产生

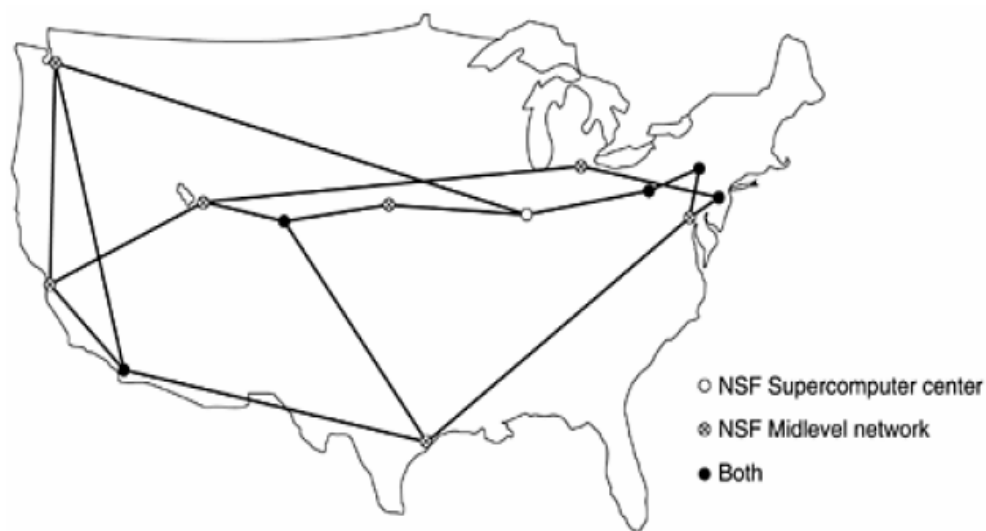
- 1983年，ARPA和美国国防部通信局研制成功了用于异构网络的TCP/IP协议，美国加利福尼亚伯克莱分校把该协议作为其BSD UNIX（是加州大学伯克利分校软件组作的操作系统）的一部分，使得该协议得以在社会上流行起来，从而诞生了真正的Internet（互联网）。
- 这样就形成了Internet。1983年TCP/IP协议成为事实上标准协议。同年，ARPAnet分解成两个网络：
 - ARPAnet——进行实验研究用的科研网
 - MILnet——军用计算机网络

ARPAnet主要贡献

- 完成对**计算机网络定义**、分类与相关子课题研究内容的描述；
- 提出了资源子网，通信子网两级网络结构的概念；
- 研究了报文交换，分组交换的数据交换方法；
- 提出了层次结构的网络体系结构模型（协议体系）
- 促进了TCP/IP协议发展；
- 为Internet的产生与发展奠定了基础。

第三阶段：NSFnet骨干网

- 1985年起，美国国家科学基金会（NSF: National Science Foundation）就围绕其六个大型计算机中心建设计算机网络。
- 1986年，NSF建立了国家科学基金网（NSFnet）。



- 1个超级计算中心
- 5个中等规模网络
- 6（7）个节点（超级计算中心+中等规模网络）

NSFnet于1990年6月彻底取代了**ARPAnet**而成为**Internet**的主干网。1990年，**ARPAnet**退出历史舞台。

NSFnet骨干网

- NSFnet是一个三级计算机网络结构

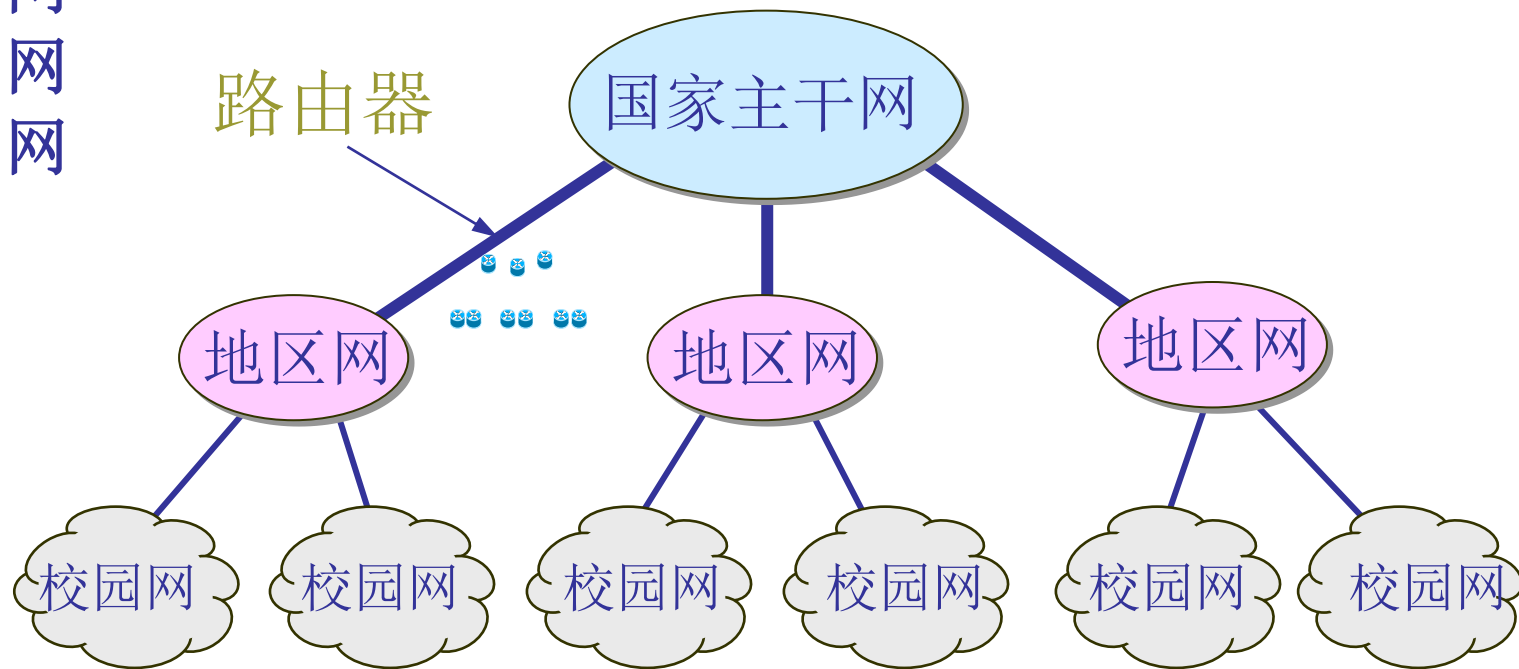
- 校园网、地区网、主干网

- 覆盖了全美国主要大学和研究所以，1990年NSFnet接入ARPAnet，并改名为Internet。
 - NSFnet的通信子网的硬件技术与ARPAnet基本相同；但软件技术与ARPAnet不同，开始广泛使用TCP/IP协议，成为第一个使用TCP/IP协议的广域网。
 - 1991年，美国政府决定将因特网的主干网转交给私人公司来经营，并开始对接入因特网的单位收费；
 - 1994年开始创建4个网络接入点 NAP (Network Access Point)，分别由4个电信公司经营。
 - 1996年速率为155Mb/s的主干网建成；目前有些主干线路速率达1000Mb/s，10Gb/s，100Gb/s，1000Gb/s，更高。

三级结构的因特网

- NSFnet是一个三级计算机网络结构

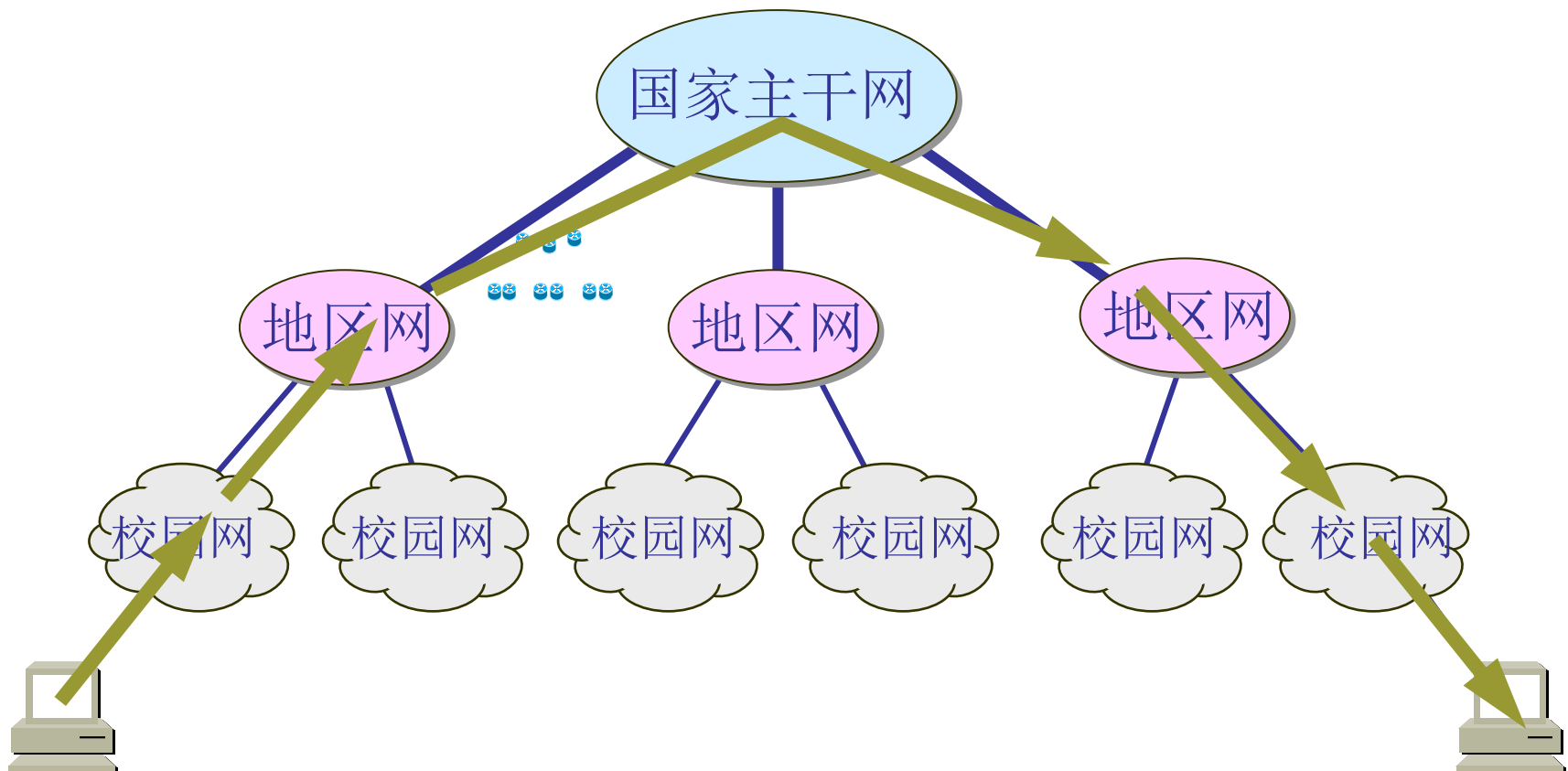
- 主干网
- 地区网
- 校园网



- 各网络之间需要使用路由器来连接。

三级结构的因特网

- 主机到主机的通信可能要经过多种网络。



ISP 结构的互联网

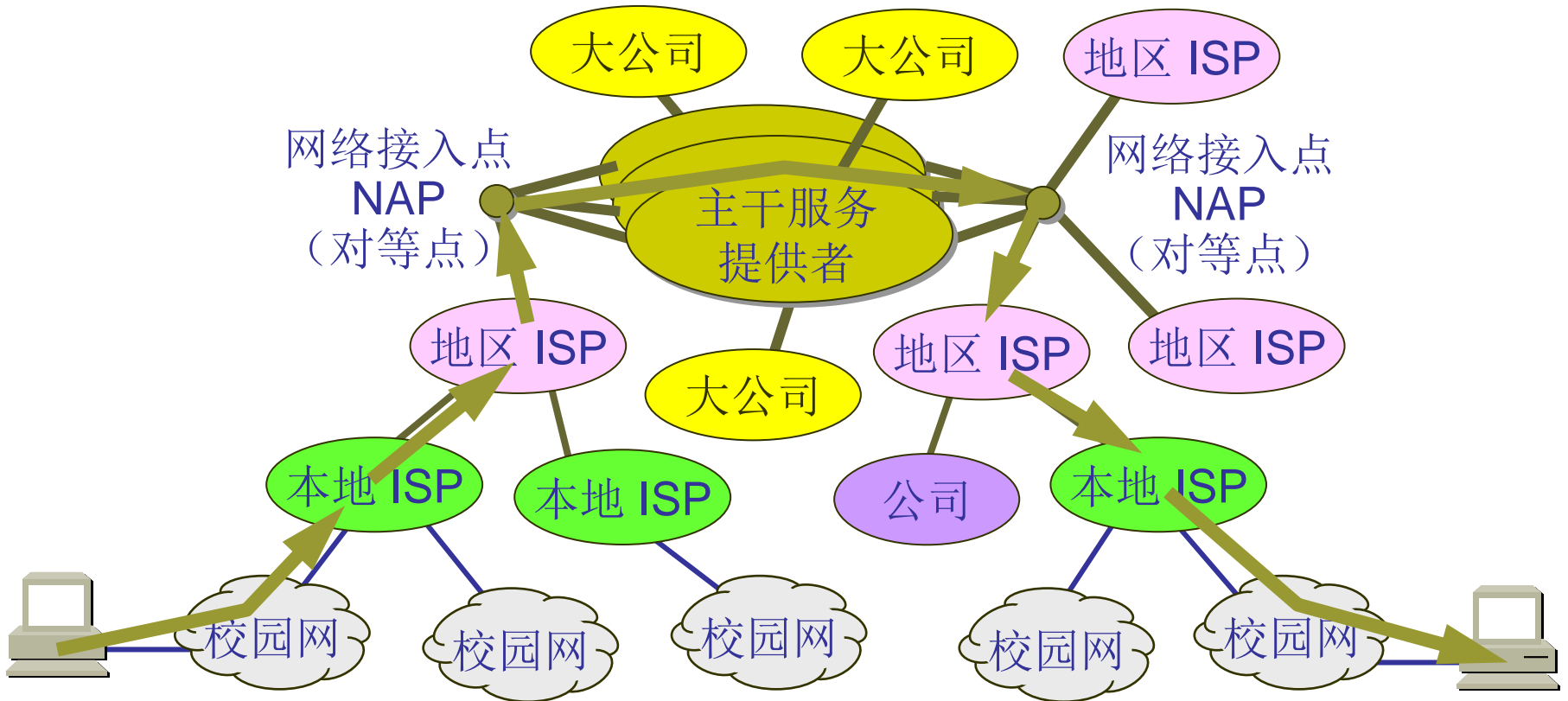
ISP 结构的互联网

第三阶段：逐渐形成了多层次 **ISP** 结构的互联网。

- 出现了互联网服务提供者 **ISP (Internet Service Provider)**。
- 任何机构和个人只要向某个 **ISP** 交纳规定的费用，就可从该 **ISP** 获取所需 **IP** 地址的使用权，并可通过该 **ISP** 接入到互联网。
- 根据提供服务的覆盖面积大小以及所拥有的**IP**地址数目的不同，**ISP** 也分成为不同层次的 **ISP**：主干 **ISP**、地区 **ISP**和本地 **ISP**。

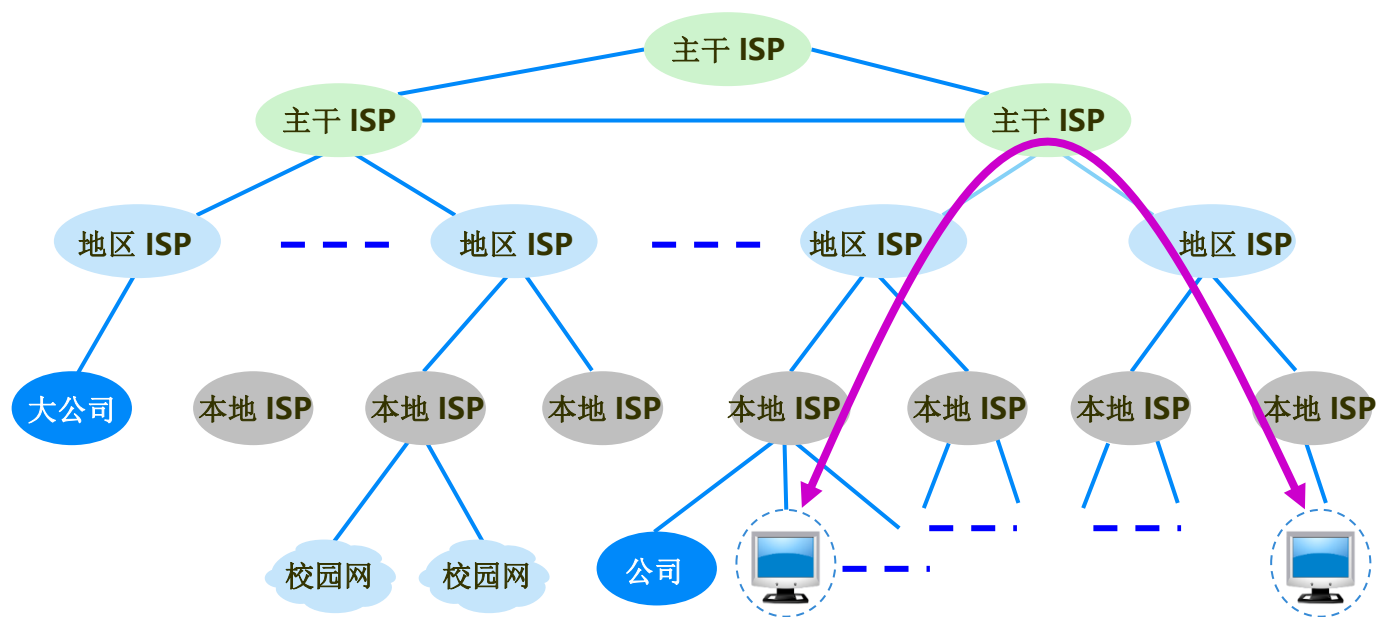
多级结构因特网

- 主机到主机的通信可能经过多种 ISP。



Internet Service Provider, 即因特网服务提供商

基于 ISP 的多层结构的互联网的概念示意图



主机 A → 本地 ISP → 地区 ISP → 主干 ISP → 地区 ISP → 本地 ISP → 主机 B

ISO(国际标准化组织)
开放式系统互联通信参考模型（英
语：Open System Interconnection
Reference Model，缩写为 OSI）
，简称为**OSI模型**

第三阶段特点

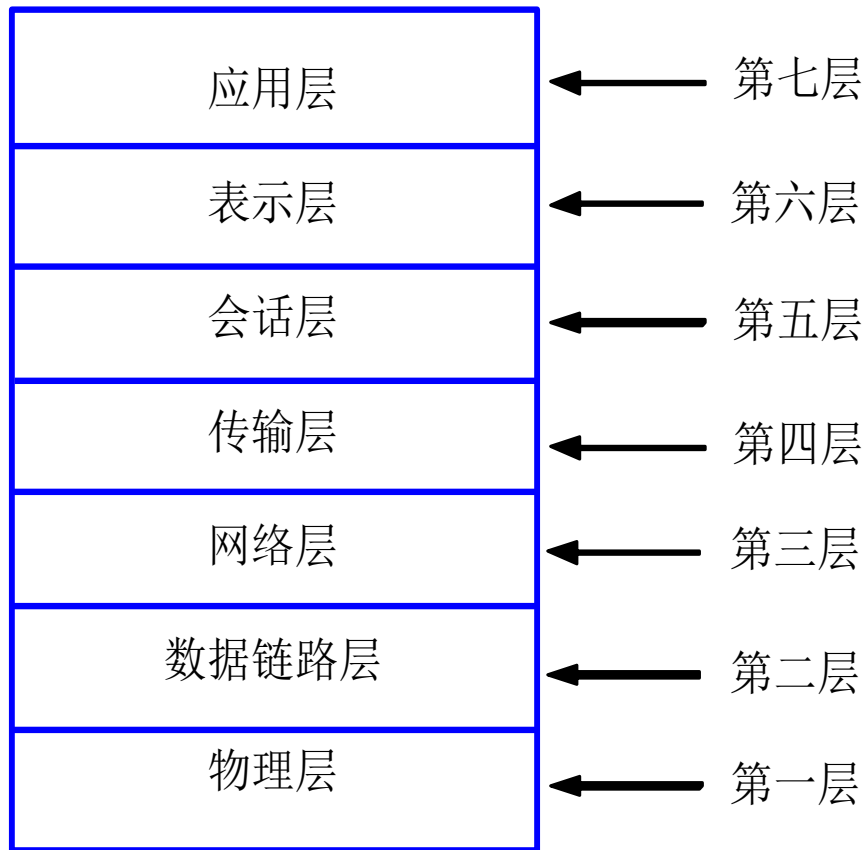
- 网络体系结构标准化 - 不同厂商
 - IBM SNA（System Network Architecture），1974（7层）
 - DEC DNA（Digital Network Architecture），1975（9层）
- 研究重点：网络体系结构标准化（**OSI参考模型**）
- 国际标准
 - **ISO/OSI**开放系统互连参考模型（**OSI参考模型**）
 - **OSI/RM**是概念网络模型，规定了7层的体系结构
 - 开放系统互连基本参考模型 **OSI/RM**（Open Systems Interconnection Reference Model），简称为 **OSI/RM**。
- **TCP/IP参考模型**： 1973，1974，1983；
 - 厂家支持，规定了4层的体系结构；
 - 1983年，以TCP/IP协议在网络中实际应用，标志着网络时代到来；事实上国际标准。

TCP/IP 与 OSI 参考模型

TCP/IP参考模型



OSI 参考模型



荒谬预言

- 1968年，马萨诸塞州一家名为**BBN**的小公司，老板交给计算机专家西弗罗·奥恩斯坦因美国国防部高级研究规划局(简称**ARPA**)送来的一份招标书，招标项目是要建立一个将不同地点的计算机联机并交换数据和文件的网络系统。在当时，这样的网络系统从无先例，所以奥恩斯坦因的老板想知道自己的公司能否承接这个项目。
- 奥恩斯坦因将文件带回家中通宵研究，一两天后，他胸有成竹地把文件又放回到老板的桌上。“如果你有意投标，我想我们能够承接”，“但我看不出要这东西有什么用。”
- 在现代史上，恐怕再没有比这更为荒谬的技术预言了，后来奥恩斯坦因本人也为此自嘲不已。当时尽管他持有保留意见，**BBN**公司还是参加投标，并且获得了建立高级研究规划局网络的合同——这是一个简陋的用四台计算机进行的试验，当时谁也没有想到它会演变为今天遍布世界、用途广泛的因特网。

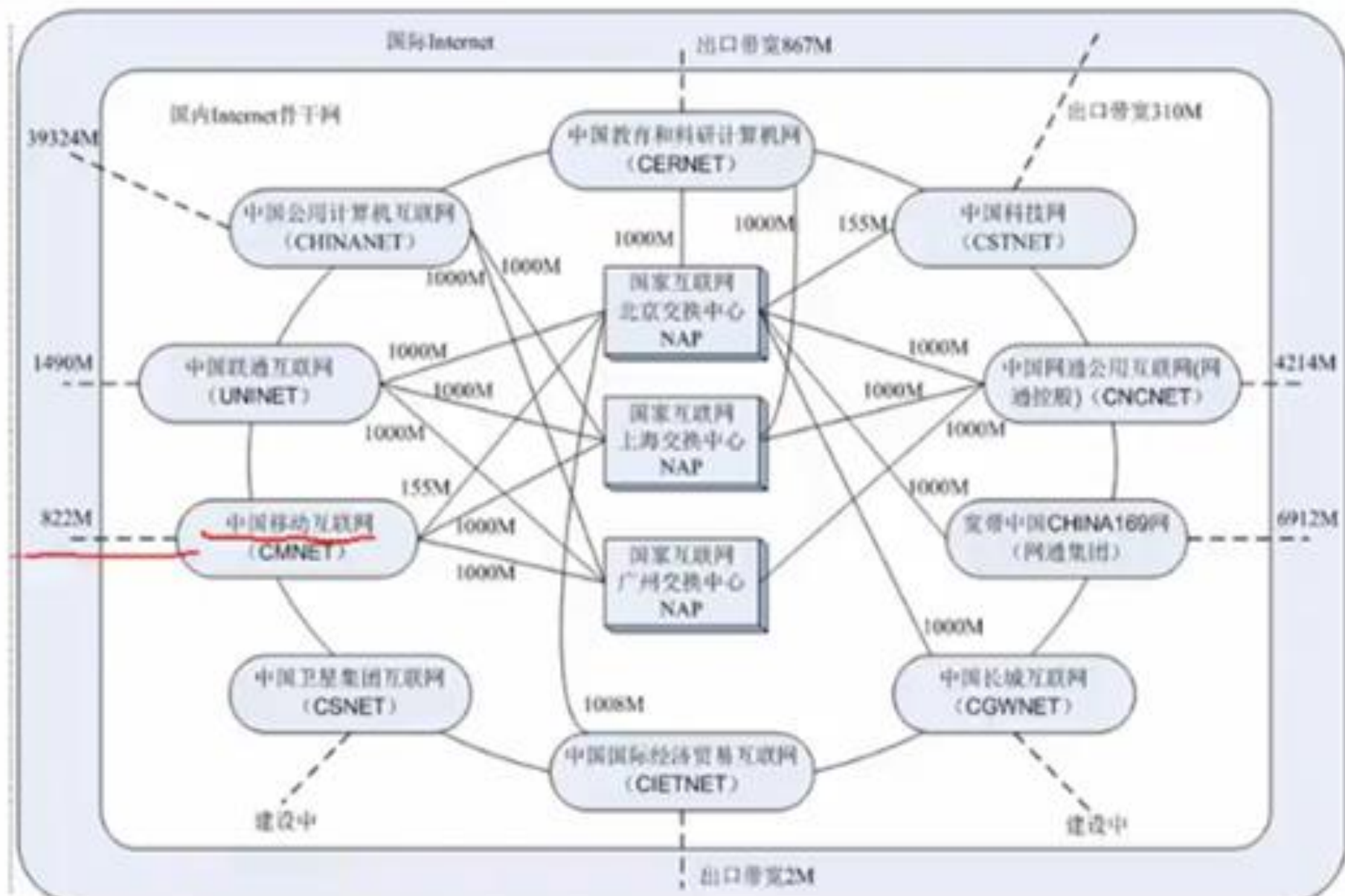
痛失时机

- 1961年美国兰德公司的研究员保罗·巴伦使用美国空军提供的综合研究资金，研究使战略军事通信系统更加稳固的方法。
- 巴伦特别关心，在全面战争爆发时，如何保证全国指挥机关能够下令进行报复性核打击。当时，美苏两个超级大国的核武库都似乎很容易被对方的首次核打击彻底摧毁。结果形成了一种千钧系于一发的极不稳定的平衡。
- 巴伦认为，如果双方领袖人物确信自己在任何情况下都能发动反击，他们贸然投入核大战的可能性会小一些。他提出的解决方法是建立一种极其稳固的发散式网络通信系统。这种如同蜘蛛网似的设计将保证信息顺畅传递，即使部分通信线路受损也无关紧要。
- 巴伦写出洋洋十一卷的报告，解释了他设想的通信系统的技术细节。随后，兰德公司正式建议美国空军建立巴伦式通信系统。
- 由于种种原因，美国空军没有实施这个计划，失去了创造计算机历史的大好机会。
- 巴伦认为当初决定正确。他说：“如果项目草率上马，最后搞砸了，那将很难再重新开始。”

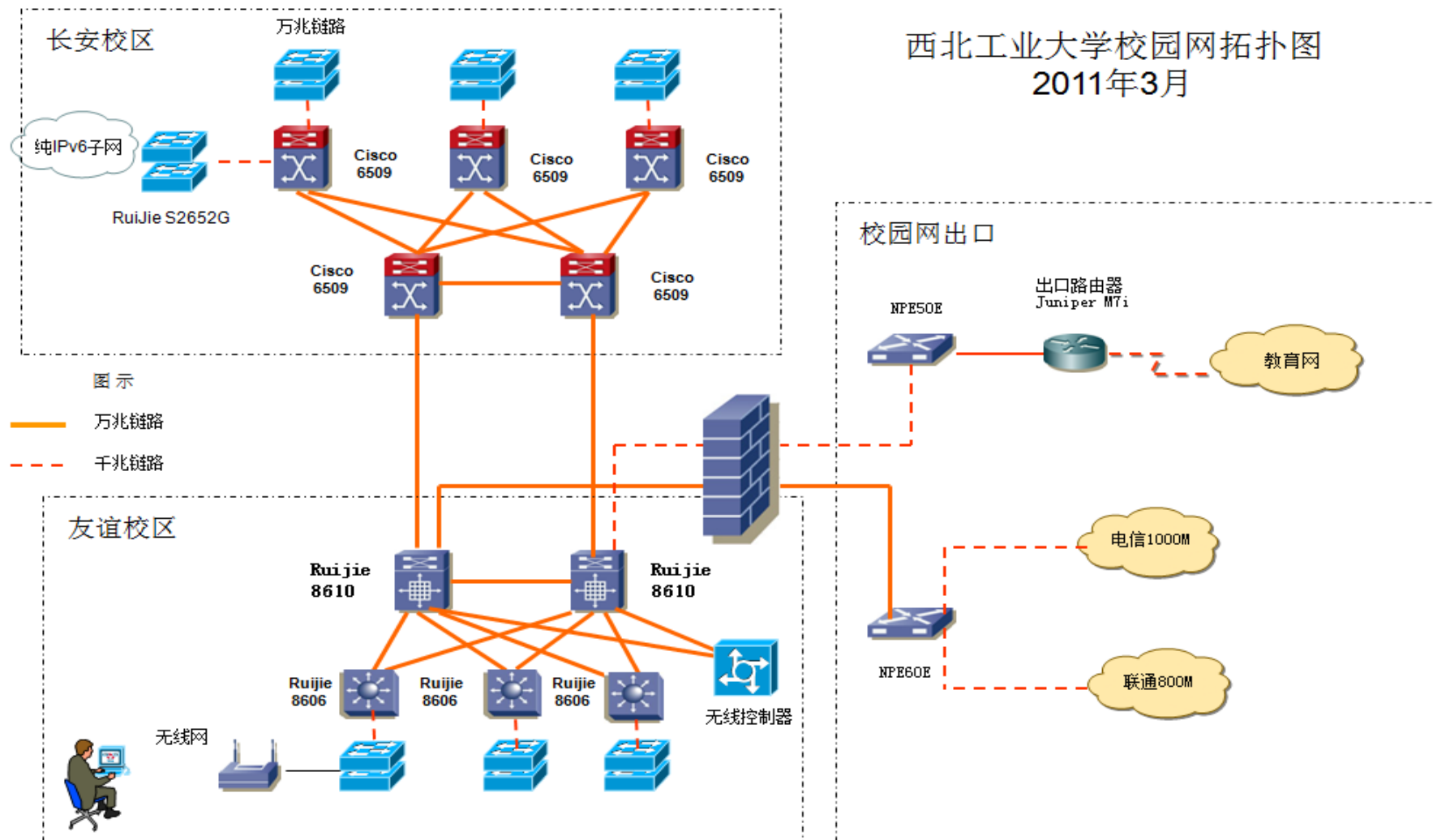
计算机网络在我国的发展

- (1) 中国公用计算机互联网 CHINANET
- (2) 中国教育和科研计算机网 CERNET
- (3) 中国科学技术网 CSTNET (1994年接入INET)
- (4) 中国联通互联网 UNINET
- (5) 中国网通公用互联网 CNCNET
- (6) 中国国际经济贸易互联网 CIETNET
- (7) 中国移动互联网 CMNET
- (8) 中国长城互联网 CGWNET
- (9) 中国卫星集团互联网 CSNET

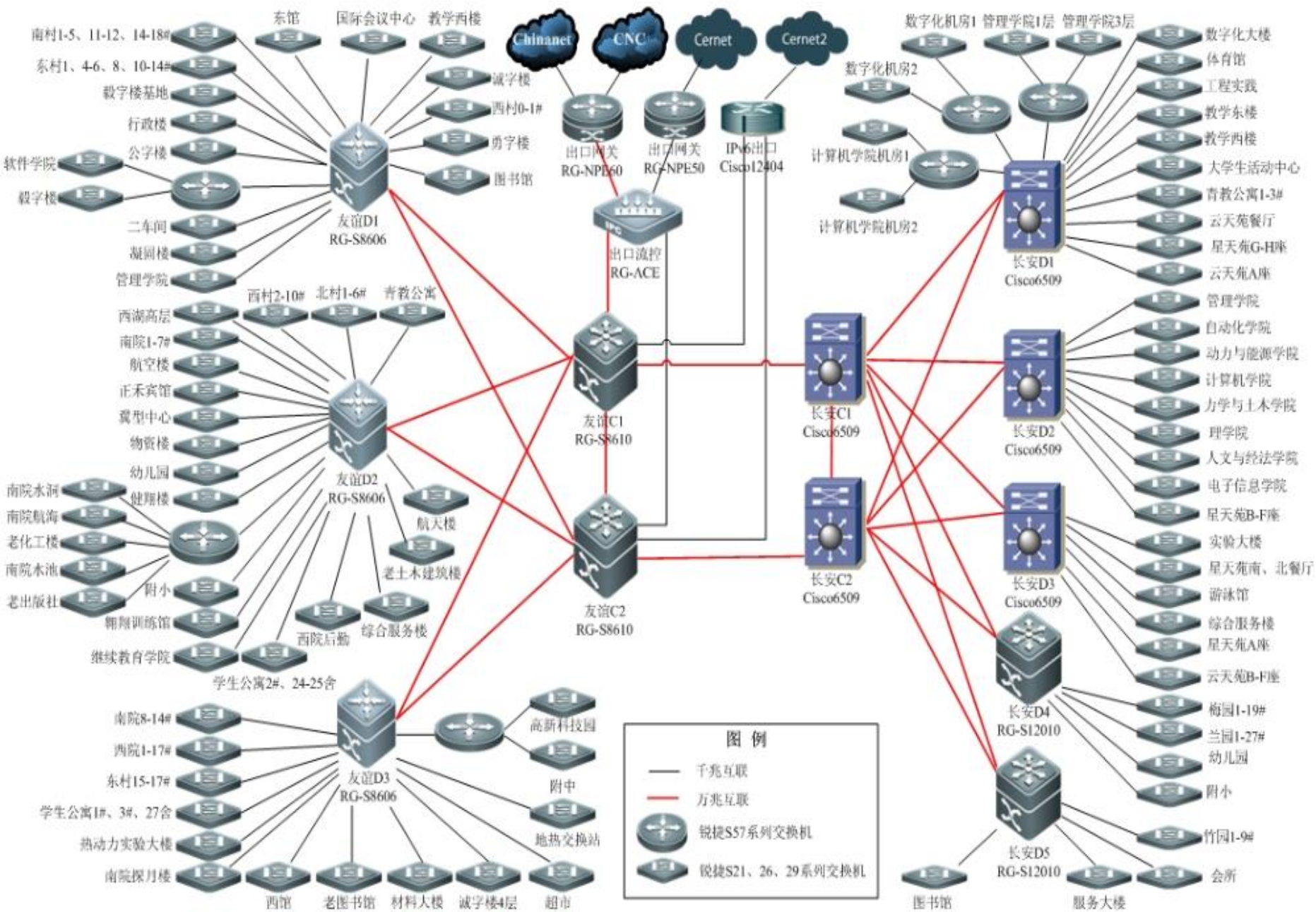
中国互联网



西北工业大学校园网



校园网网络拓扑图

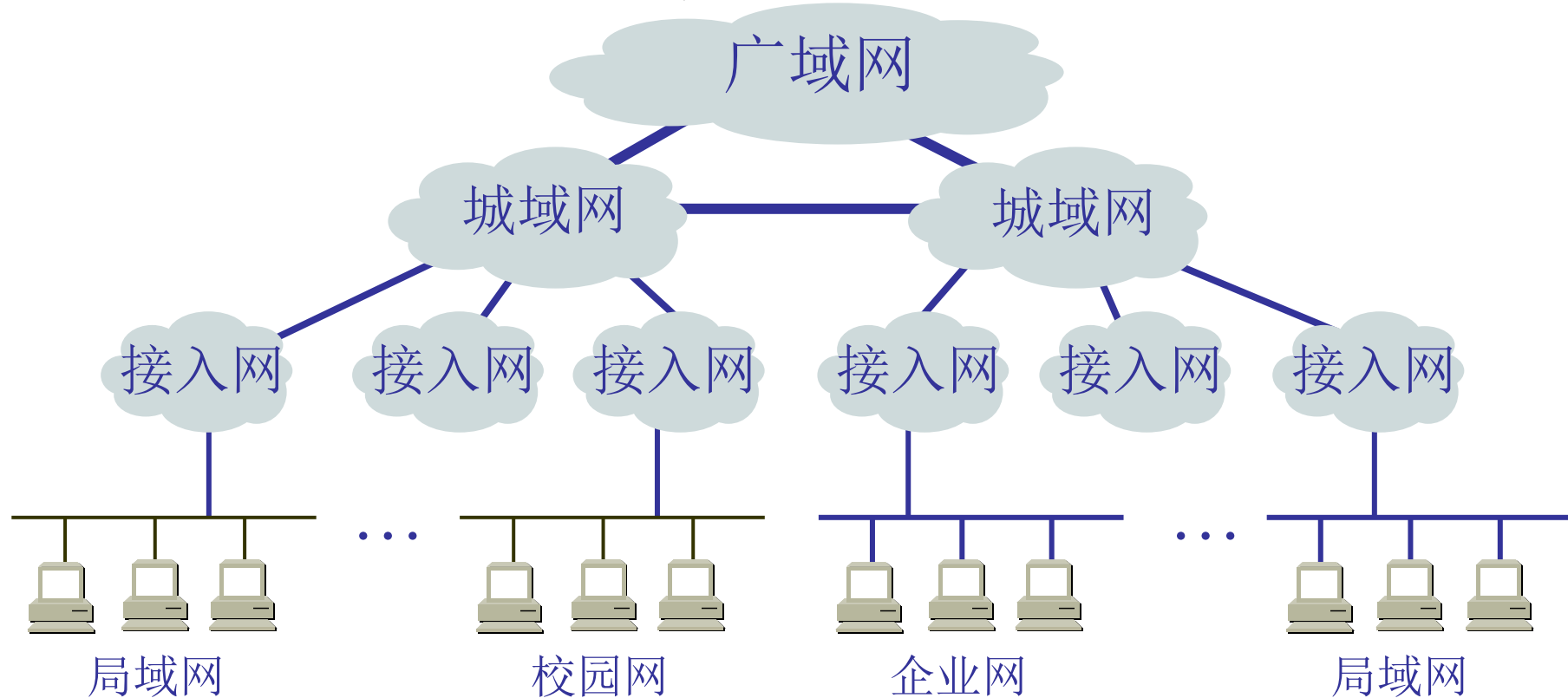


计算机网络如何分类？

计算机网络的分类

- 从网络作用范围进行分类(距离)
 - 局域网 LAN (Local Area Network)
 - 个人区域网 PAN (Personal Area Network) : 范围很小, 大约在 10 米左右。
 - 城域网 MAN (Metropolitan Area Network)
 - 广域网 WAN (Wide Area Network)
 - 接入网 AN (Access Network)

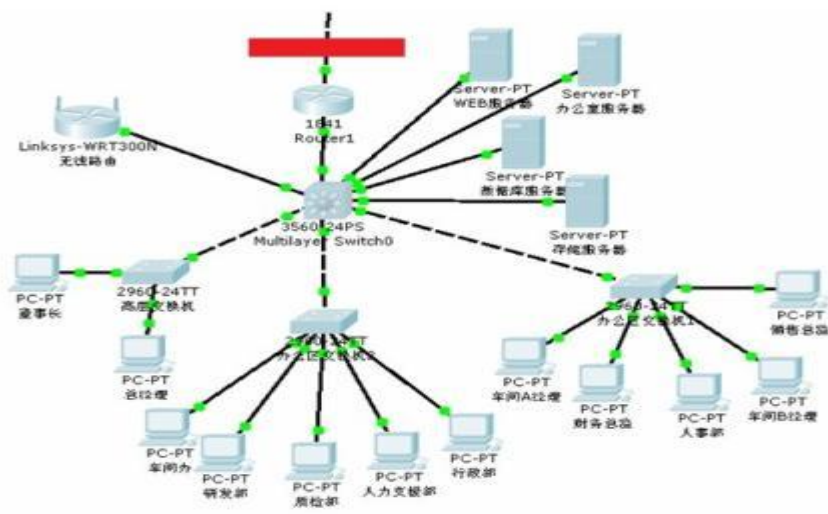
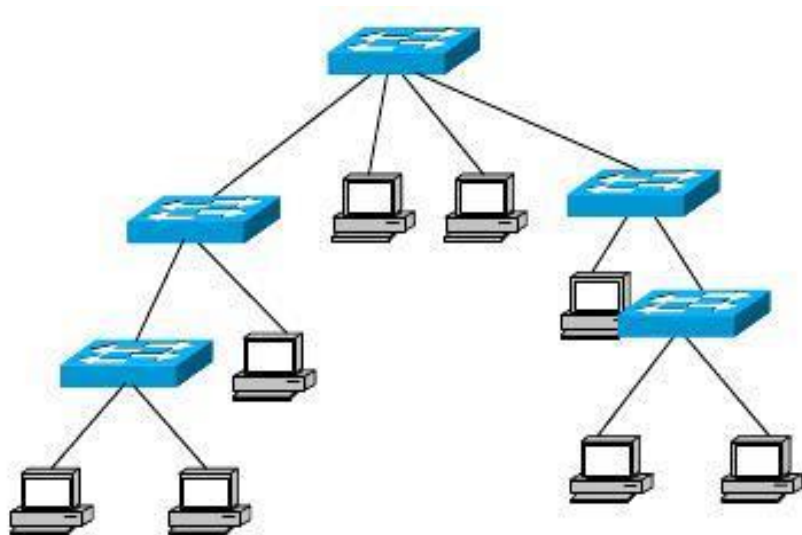
广域网、城域网、接入网以及局域网的关系



局域网(LAN)

- 将有限范围内（一个实验室，一幢大楼, 或一个单位等）的计算机，终端和附属设备互连构成的网络；发展迅速，是计算机网络中最为活跃的领域之一。
 - 覆盖物理范围有限：几公里左右；
 - 使用传输技术：新
 - 数据传输速率高：（10Mb/s-10Gb/s），
 - 误码率：低， 10^{-8}
 - 延迟：低，0.5 ns
 - 可提供高质量的数据传输，一般属于一个企业所有：组建，维护和扩展。
 - 主流LAN：共享以太网、交换以太网、WLAN。

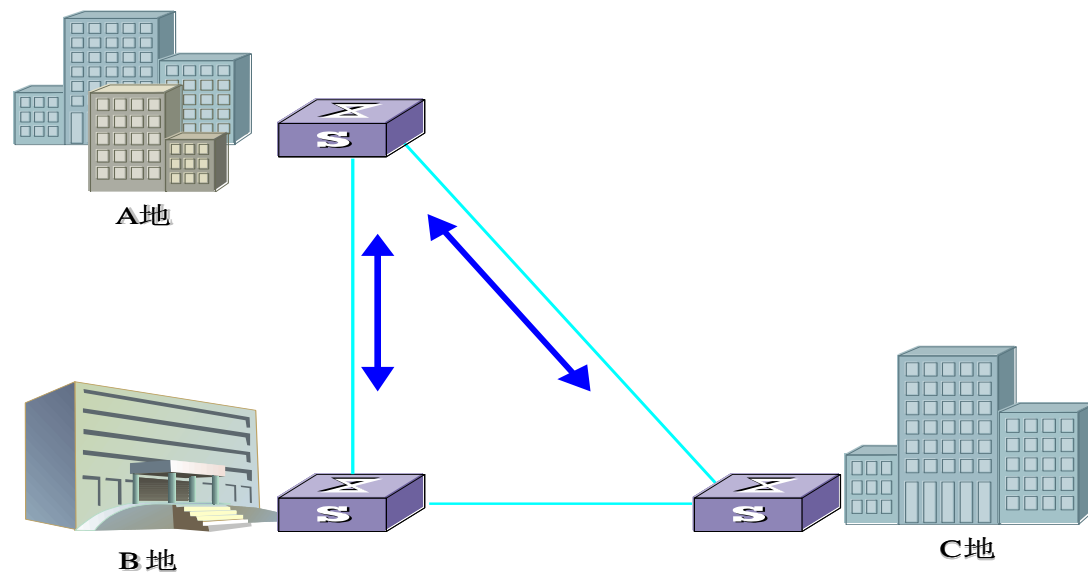
LAN



城域网 (MAN)

城域网：覆盖一个城市地区的网络简称城域网；

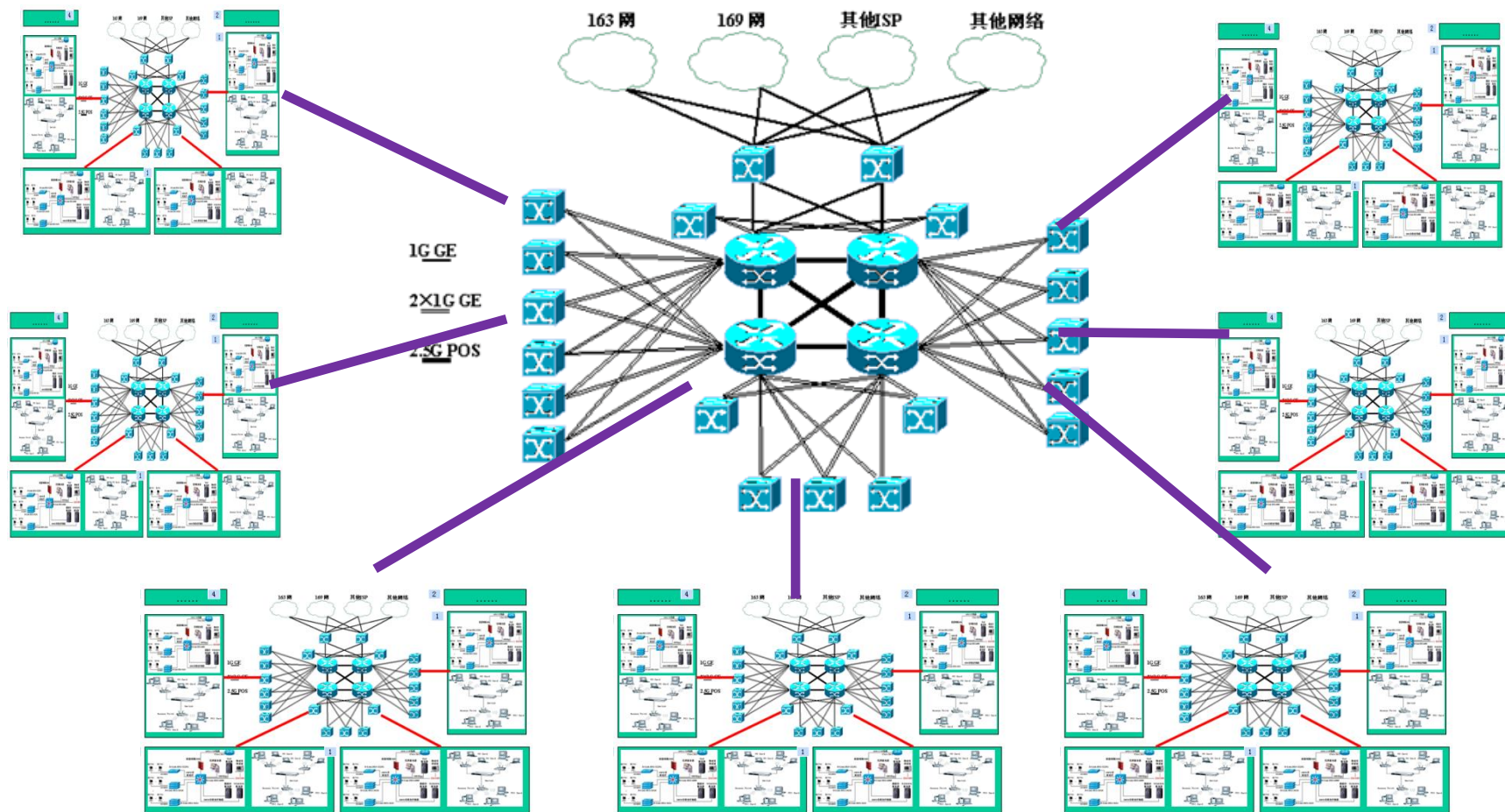
- (1) 覆盖范围介于**LAN**与**WAN**之间的一种高速网络；
- (2) 将5~50公里内的大量企业、机关、公司，学校的多个**LAN**互连，以实现大量用户之间的数据、语音、视频等多种信息传输功能。



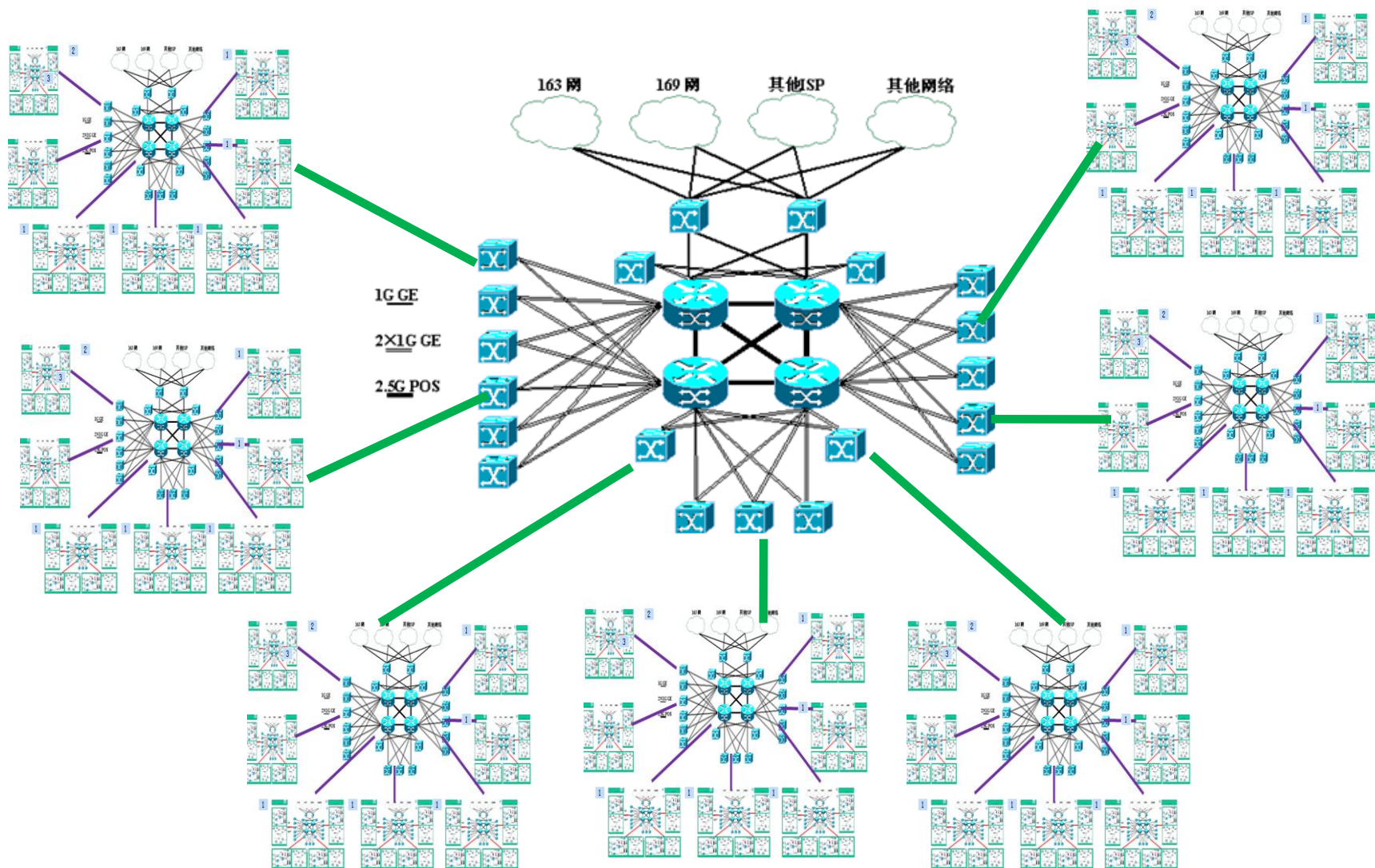
MAN



地区网



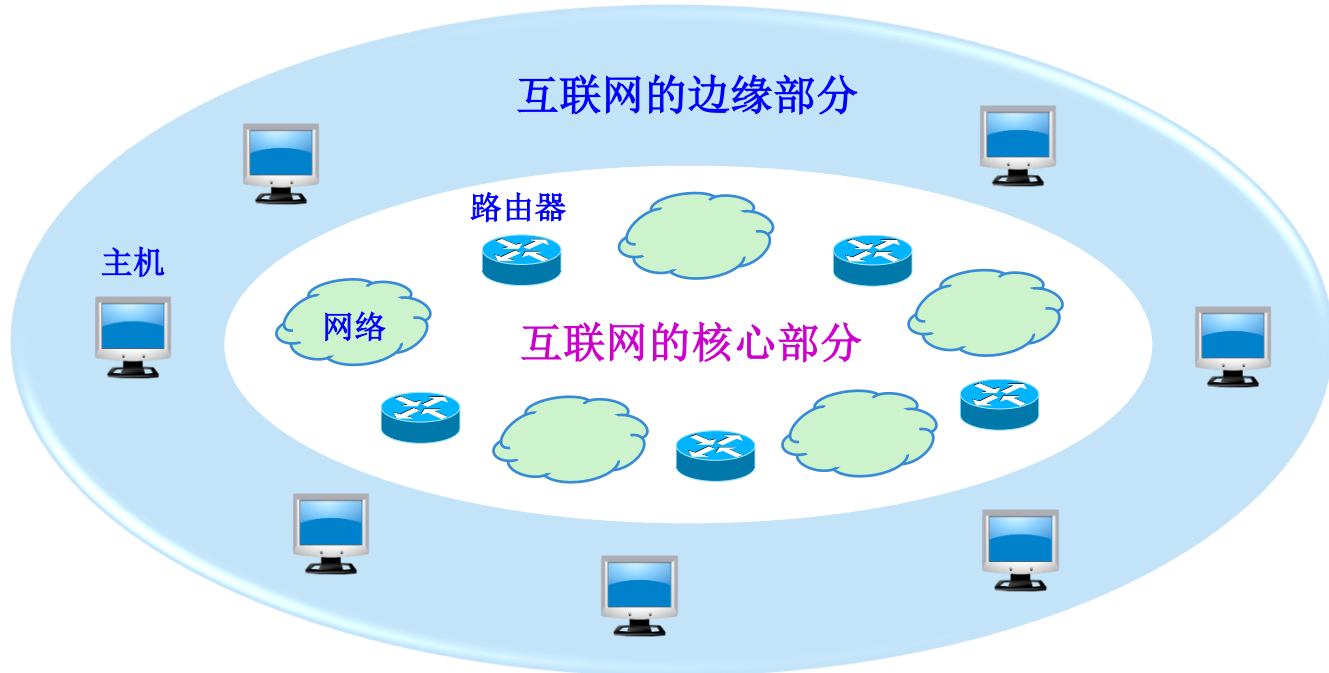
国家级互联网 - 国家骨干网



因特网（互联网）的组成

- 边缘部分：** 由所有连接在互联网上的主机组成。这部分是用户直接使用的，用来进行通信（传送数据、音频或视频）和资源共享。
- 核心部分：** 由大量网络和连接这些网络的路由器组成。这部分是为边缘部分提供服务的（提供连通性和交换）。

互联网的组成



互联网的边缘部分

- 处在互联网边缘的部分就是连接在互联网上的所有的主机。这些主机又称为**端系统 (end system)**。
- 端系统在功能上可能有很大的差别：
 1. 小的端系统可以是一台普通个人电脑，具有上网功能的智能手机，甚至是一个很小的网络摄像头。
 2. 大的端系统则可以是一台非常昂贵的大型计算机。
 3. 端系统的拥有者可以是个人，也可以是单位（如学校、企业、政府机关等），当然也可以是某个 **ISP**。

互联网的边缘部分



端系统之间通信的含义

“主机 **A** 和主机 **B** 进行通信”实际上是指：“运行在主机 **A** 上的某个程序和运行在主机 **B** 上的另一个程序进行通信”。

即“主机 **A** 的某个进程和主机 **B** 上的另一个进程进行通信”。简称为“计算机之间通信”。

端系统之间的两种通信方式

端系统之间的通信方式通常可划分为两大类：

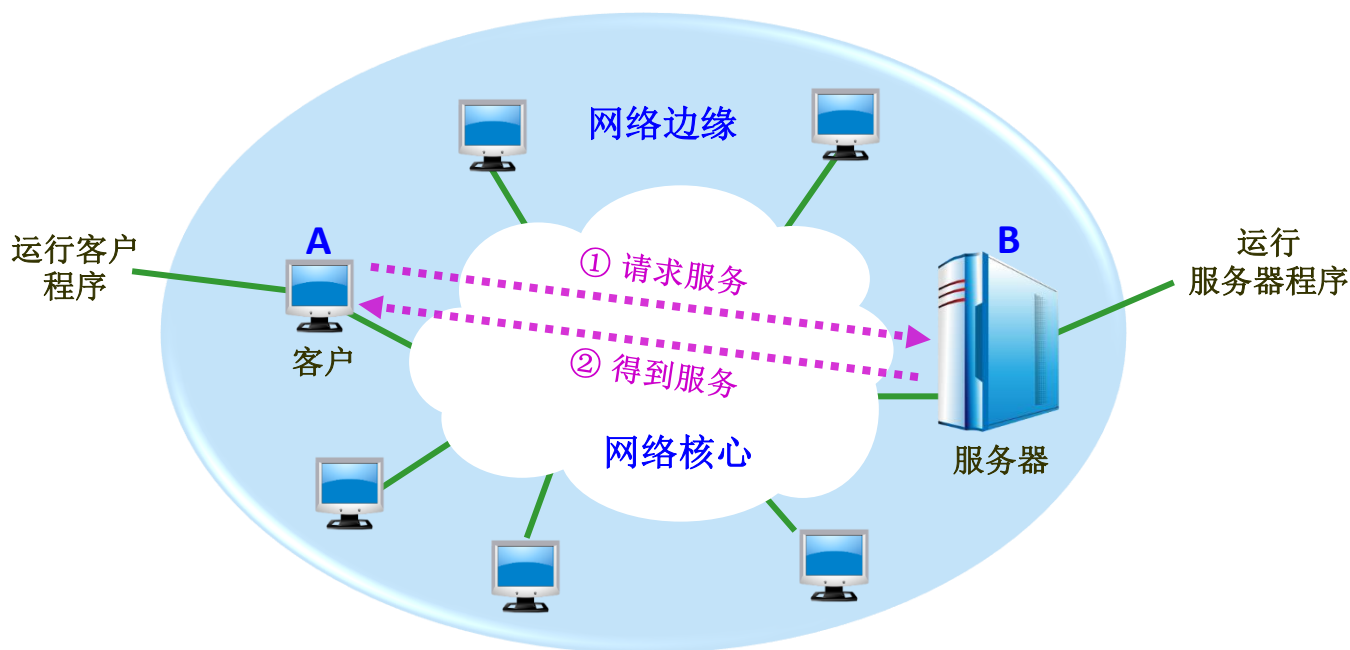
客户-服务器方式（**C/S**方式）
即 **Client/Server** 方式，
简称为 **C/S** 方式。

对等方式（**P2P**方式）
即 **Peer-to-Peer** 方式，
简称为 **P2P** 方式。

1. 客户-服务器方式

- **客户 (client)** 和**服务器 (server)** 都是指通信中所涉及的两个应用进程。
- 客户-服务器方式所描述的是进程之间服务和被服务的关系。
- 客户是**服务的请求方**，服务器是**服务的提供方**。

服务请求方和服务提供方都要使用网络核心部分所提供的服务



客户 A 向服务器 B 发出请求服务，服务器 B 向客户 A 提供服务

客户软件的特点

- 被用户调用后运行，在打算通信时主动向远地服务器发起通信（请求服务）。因此，客户程序必须知道服务器程序的地址。
- 不需要特殊的硬件和很复杂的操作系统。

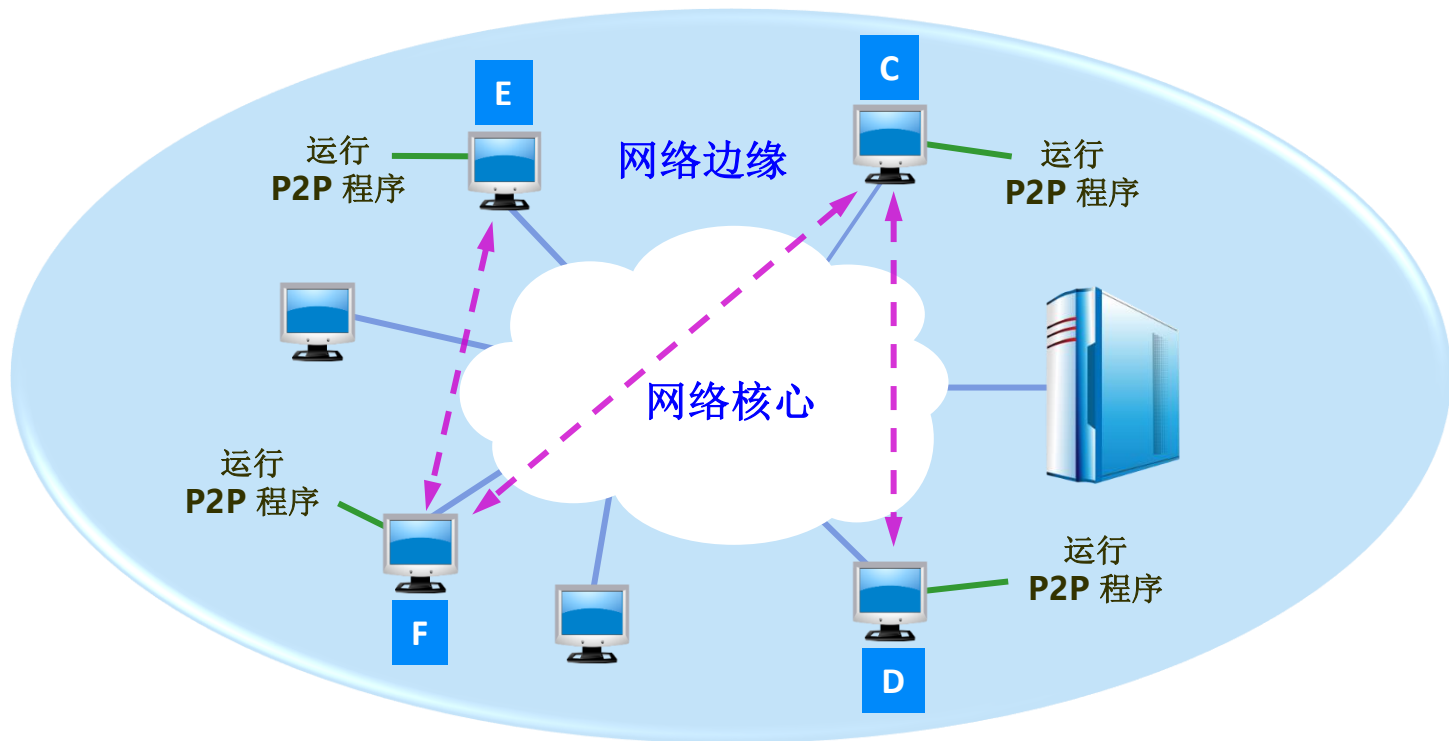
服务器软件的特点

- 一种专门用来提供某种服务的程序，可同时处理多个远地或本地客户的请求。
- 系统启动后即自动调用并一直不断地运行着，被动地等待并接受来自各地的客户的通信请求。因此，服务器程序不需要知道客户程序的地址。

客户与服务器的通信关系建立后，通信可以是双向的，客户和服务器都可发送和接收数据。

2. 对等连接方式

- **对等连接 (peer-to-peer, 简称为 P2P)** 是指两个主机在通信时并不区分哪一个是服务请求方还是服务提供方。
- 只要两个主机都运行了对等连接软件 (**P2P 软件**) , 它们就可以进行**平等的、对等连接通信**。
- 双方都可以下载对方已经存储在硬盘中的共享文档。



对等连接方式的特点

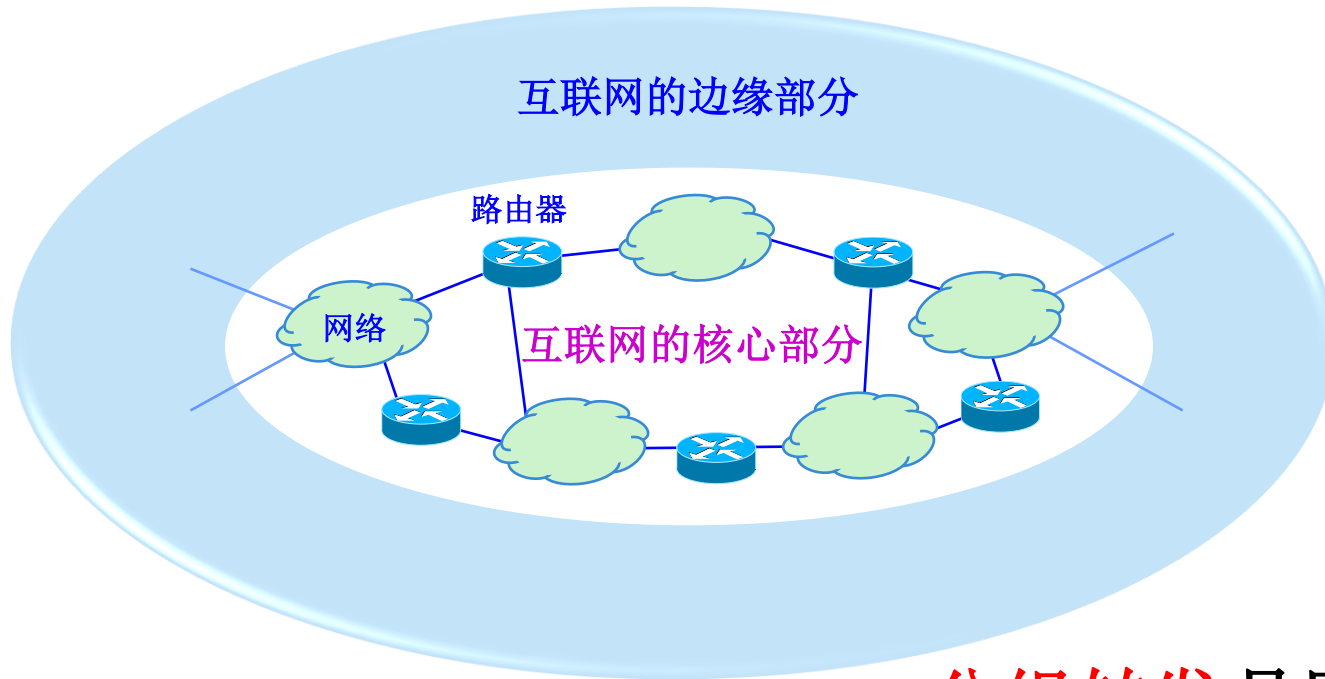
- 对等连接方式从本质上看仍然是使用客户服务器方式，只是对等连接中的**每一个主机既是客户又是服务器**。
- 例如主机 **C** 请求 **D** 的服务时，**C** 是客户，**D** 是服务器。但如果 **C** 又同时向 **F** 提供服务，那么 **C** 又同时起着服务器的作用。

对等连接工作方式可支持大量对等用户（如上百万个）同时工作。

互联网的核心部分

- 网络核心部分是互联网中最复杂的部分。
- 网络中的核心部分要向网络边缘中的大量主机提供连通性，使边缘部分中的任何一个主机都能够向其他主机通信（即传送或接收各种形式的数据）。
- 在网络核心部分起特殊作用的是**路由器 (router)**。
- 路由器是实现**分组交换 (packet switching)** 的关键构件，其任务是**转发**收到的分组，这是网络核心部分最重要的功能。

互联网的核心部分



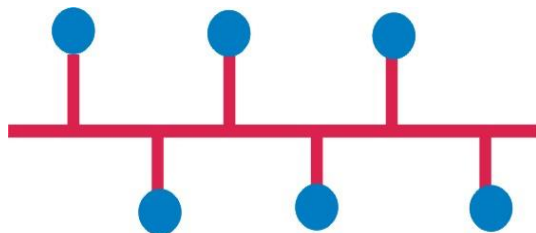
分组转发是网络核心部分最重要的功能。

- 在网络核心部分起特殊作用的是**路由器 (router)**。
- 路由器是实现**分组交换 (packet switching)** 的关键构件，其任务是转发收到的分组，这是网络核心部分最重要的功能。

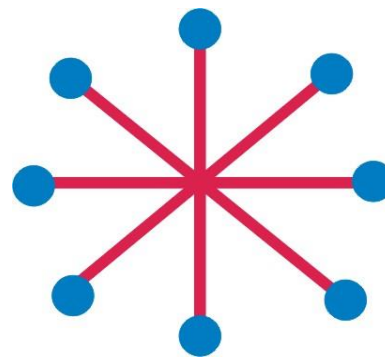
接入网 AN，用来把用户接入到互联网的网络

- 接入网 AN (Access Network)，它又称为本地接入网或居民接入网。
- 接入网是一类比较特殊的计算机网络，用于将用户接入互联网。
- 接入网是从某个用户端系统到互联网中的第一个路由器（也称为边缘路由器）之间的一种网络。
- 从覆盖的范围看，很多接入网还是属于局域网。
- 从作用上看，接入网只是起到让用户能够与互联网连接的“桥梁”作用
- 接入网本身既不属于互联网的核心部分，也不属于互联网的边缘部分

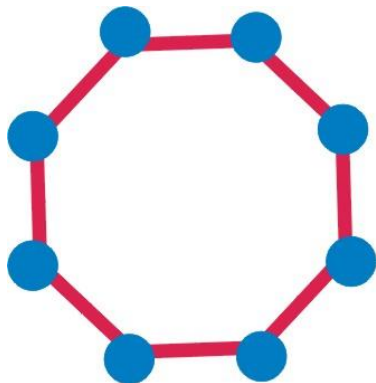
按拓扑结构分类



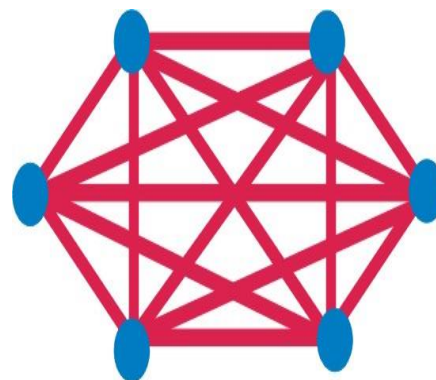
总线型



星型



环型



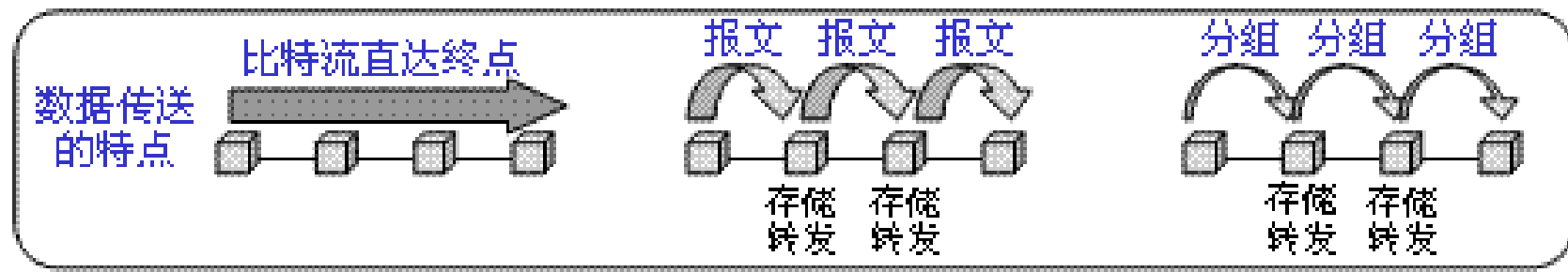
网状

计算机网络的分类

● 按数据交换技术分类

- 电路交换
- 报文交换
- 分组交换(数据报+虚电路)
- 信元交换

- 信元交换又叫异步传输模式 (**Asynchronous Transfer Mode, ATM**)，是一种面向连接的快速分组交换技术，它是通过建立虚电路来进行数据传输的。
- **ATM**采用固定长度的信元作为数据传送的基本单位，信元长度为**53**字节，其中信元头尾**5**字节，数据为**48**字节。长度固定的信元可以使**ATM**交换机的功能尽量简化，只用硬件电路就可以对信元头中的虚电路表示进行识别，因此缩短了每个信元的处理时间。
- **ATM**采用了统计时分复用的方式来进行数据传输，根据各种业务的统计特性，在保证服务质量 (**Quality of Service, QoS**) 要求的前提下，在各个业务之间动态地分配网络带宽。)



第 1 章 概述

1. 概述
2. 计算机网络定义
3. 计算机网络产生与发展
4. 计算机网络分类
5. 几个重要概念

5. 计算机网络的几个重要概念

模拟线路和数字线路中
带宽概念有什么区别？

5. 计算机网络的几个重要概念

5.1 带宽

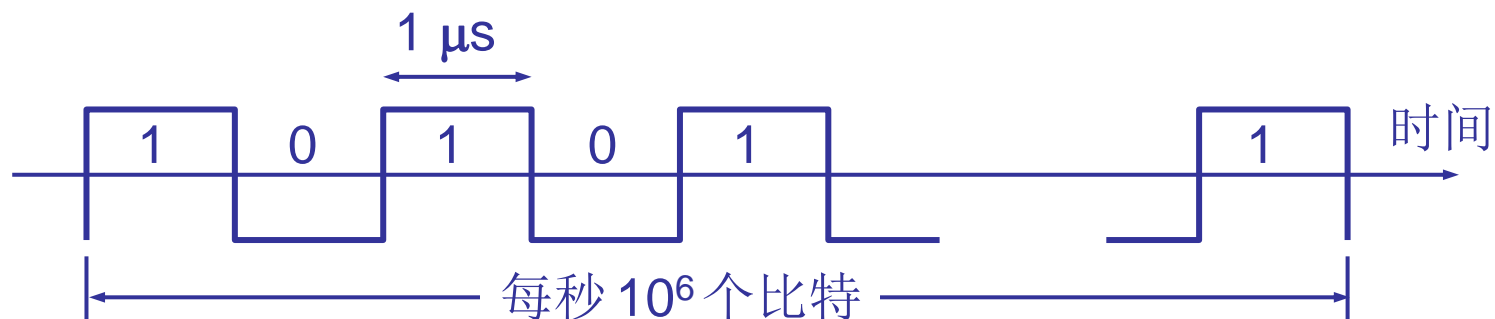
- 模拟信道中，“带宽” (bandwidth) 是指传输介质允许信号具有的频带宽度，单位是赫（或千赫、兆赫、吉赫等）。
- 数字信道中，“带宽”是指所能发送的“最高数据率”的同义语，单位是“比特每秒”，或 b/s (bit/s)。
- 数字信道中，常用的带宽单位是
 - 千比特每秒，即 kb/s (10^3 b/s)
 - 兆比特每秒，即 Mb/s (10^6 b/s)
 - 吉比特每秒，即 Gb/s (10^9 b/s)
 - 太比特每秒，即 Tb/s (10^{12} b/s)
- 请注意：在计算机界针对数据存储单位
$$\text{KB} = 2^{10} \text{ B} = 1024, \text{ MB} = 2^{20}, \text{ GB} = 2^{30}, \text{ TB} = 2^{40}。$$



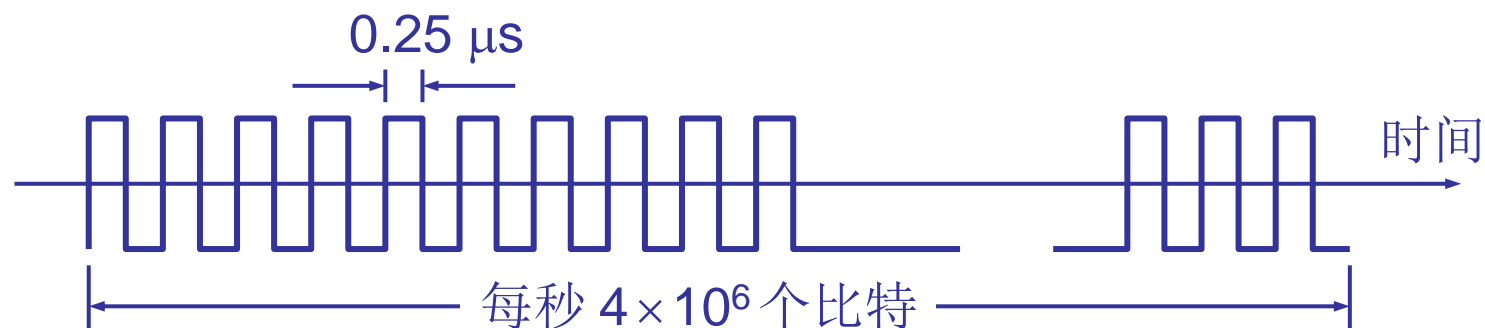
数字信号流随时间的变化

- 在时间轴上信号的宽度随带宽的增大而变窄。

带宽为
1 Mb/s



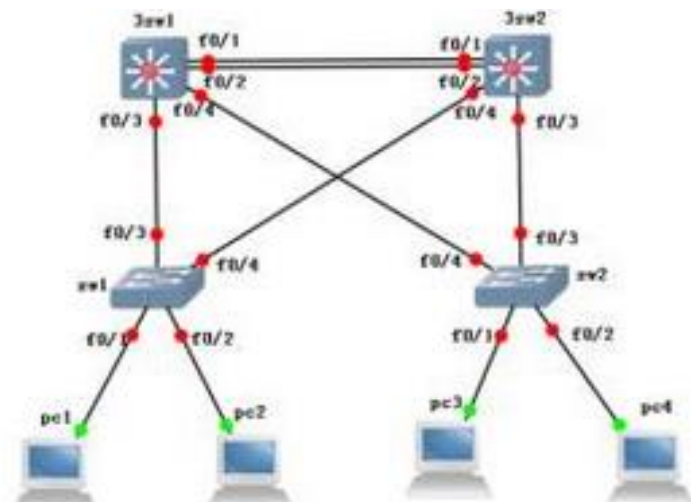
带宽为
4 Mb/s



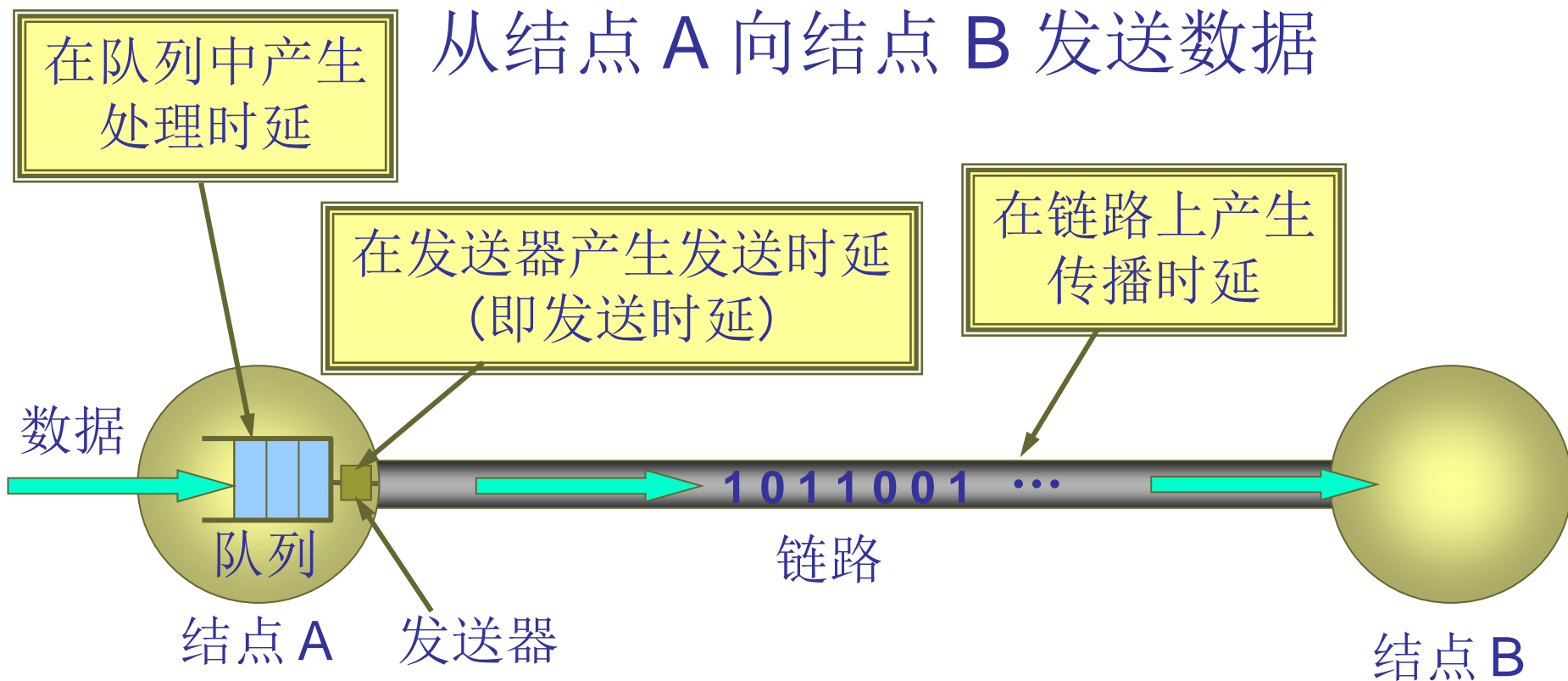
5. 计算机网络的几个重要概念

问题6：给一个任意的网络，如何计算网络平均延迟时间？

A计算机到B计算机数据延迟
不一定等于B计算机到A计算机数据延迟。



5.2 时延(delay 或 latency)



三种时延所产生的地方

5.2 时延(delay 或 latency)

- **发送时延**: 发送数据时, 数据块从结点进入到传输媒体所需要的时间。
 - 也就是从发送数据帧的第一个比特算起, 到该帧的最后一个比特发送完毕所需的时间。
- **发送速率**: 网络设备向信道发送数据的速率。常称为数据在信道上的**传输速率**。
- **信道带宽**: 单位时间信道允许发送的最大速率。

$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据块长度 (比特)}}{\text{发送速率 (比特/秒)}}$$

5.2 时延(delay 或 latency)

- **传播时延** 电磁波在信道中传播一定的距离而花费的时间。
- **数据发送速率**和信号在信道上的**传播速率**是完全不同的概念。

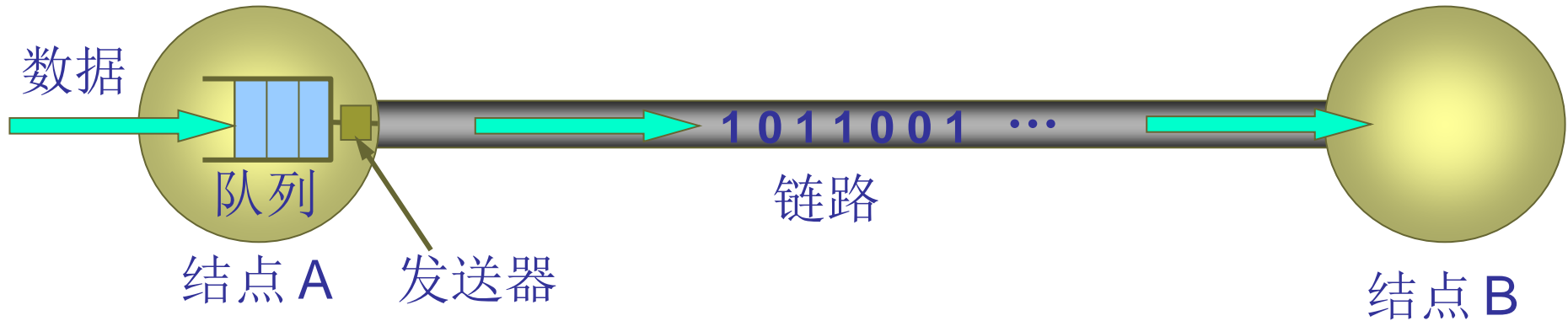
$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度 (米)}}{\text{信号在信道上的传播速率 (米/秒)}}$$

- 电磁波在自由空间传播速率: $3.0 \times 10^8 \text{ km/s}$
铜线电缆中传播速率: $2.3 \times 10^8 \text{ km/s}$
光纤中传播速率: $2.0 \times 10^8 \text{ km/s}$

5.2 时延(delay 或 latency)

- 数据经历的总时延就是发送时延、传播时延和处理时延之和：

总时延 = 处理时延 + 发送时延 + 传播时延



时延计算举例

- 假设有一个100MB的数据块, 在带宽为1Mb/s光纤线路上传输, 线路长1000KM, 请计算发送时延和传播时延分别为多少? 线路长1KM呢?

$$\text{发送延迟} = 100 \times 2^{20} \times 8 \div 10^6 = 839.9s$$

$$\text{传播延迟} = 1000 \times 10^3 \div (2.0 \times 10^8) = 5ms$$

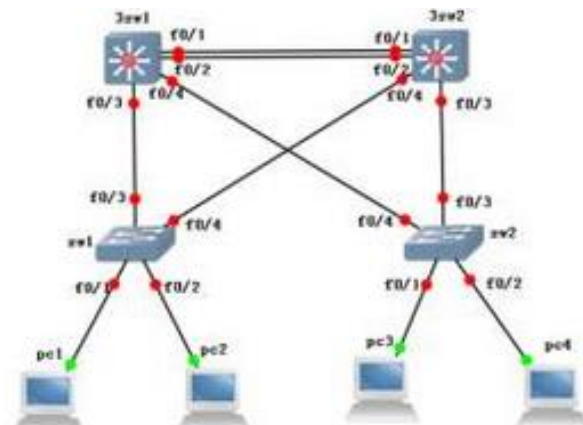
- 假设键盘上一个字符, 在带宽为1Mb/s光纤线路上传输, 线路长1000KM, 请计算发送时延和传播时延分别为多少? 线路长1KM呢?

$$\text{发送延迟} = 1 \times 8 \div 10^6 = 8\mu s$$

$$\text{传播延迟} = 1000 \times 10^3 \div (2.0 \times 10^8) = 5ms$$

容易产生的错误概念

- 对于高速网络链路，提高的仅仅是数据的发送速率（带宽），是接口特性，不是数据在链路上传播速率。
- 提高链路带宽是指更换了一个高带宽接口，减小了数据的发送时延。
- 总时延 = 处理时延 + 发送时延 + 传播时延；
- 一般情况下，总时延中发送时延占主要成分，但也要具体问题具体分析。



阅读材料

- 复习章节
- 教材 1.2, 1.3, 1.5节
 - 谢希仁，计算机网络（第五版）：1.2、1.3、1.4、1.5、1.6节。
- 预习章节
 - 教材1.4节

● 阅读内容

- 1. CCF 中国计算机学会 www.ccf.org.cn，互联网委员会，网络与通信委员会、推荐期刊以及会，与网络有关内容
- 2. 百度百科：
 - Leonard Kleinrock（伦纳德·克兰罗克）
 - Tim Berners-Lee
 - Vinton G. Cerf Robert karn
 - Silly Floyd
 - Simon S. Lam
- 3. 查看国防科大、西交大、吉林大学 计算机网络精品课程网站信息。

下一节预习内容

- OSI 参考模型
- TCP/IP 参考模型
- 网络标准化

谢谢!

