

计算机网络原理

第1章：计算机网络概述

阮晓龙

13938213680 / rxl@hactcm.edu.cn
<http://network.xg.hactcm.edu.cn>

河南中医药大学信息管理与信息系统教研室
信息技术学院网络与信息系统科研工作室
河南中医药大学医疗健康信息技术研究所

2022.2

本章教学计划

- ✓ 计算机网络的作用
- ✓ 互联网概述
- ✓ 互联网的组成
- ✓ 计算机网络在我国的发展
- ✓ 计算机网络的类别

基础概念

- ✓ 计算机网络的性能
- ✓ 计算机网络的体系结构

基础理论

物联网 人人用网

3



4

此时此刻，我们身边有哪些网络？



1. 计算机网络的作用

1.1 计算机网络的发展

电信网络



提供电话、电报及
传真等服务。

有线电视网络



向用户传送各种
电视节目。

计算机网络



使用户能在计算机之
间传送数据文件。

1. 计算机网络的作用

1.1 计算机网络的发展

- 21 世纪的重要特征之一就是数字化、网络化和信息化，它是一个以网络为核心的信息时代。
- 网络已成为信息社会的命脉和发展知识经济的重要基础。
- 网络是指“三网”，即电信网络、有线电视网络和计算机网络。
- “三网”中发展最快的并起到核心作用的是计算机网络。



1. 计算机网络的作用

1.1 计算机网络的发展

- 进入 20 世纪 90 年代以后，以互联网为代表的计算机网络得到了飞速的发展。
- 已从最初的教育科研网络逐步发展成为商业网络。
- 已成为仅次于全球电话网的世界第二大网络。

Internet

因特网：推荐，但却长期未得到推广。

互联网：目前流行最广，事实上的标准译名。

互联网 ≠ 互连网

互连网：局部范围互连起来的计算机网络。

Internet 互联网

应用和服务

- 游戏，视频，社交，电子邮件，购物，网店，
- 网银，无现金支付，数字钱包，数字货币， ...

工作原理

- 互连结构，交换技术，
- TCP/IP 体系结构与协议， ...

1. 计算机网络的作用

□ 互联网在生活中的地位

- 互联网是自印刷术以来人类通信方面最大的变革。
 - 现在人们的生活、工作、学习和交往都已离不开互联网。
- 互联网是对人类的价值观、意识形态、宗教信仰都产生了深渊的影响。
- 互联网改造了整个社会，对社会发展进行了革命性变革。



已经融入人们的生活、工作、学习和交往。



已经成为社会最为重要的基础设施之一。

1. 计算机网络的作用

□ 互联网的 2 个重要基本特点

■ 连通性：

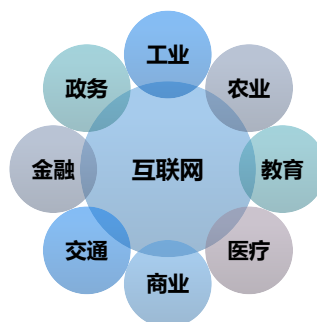
- 计算机网络使上网用户之间都可以交换信息，好像这些用户的计算机都可以彼此直接连通一样。
- 使上网用户之间可以非常便捷、非常经济地交换各种信息
- 好像这些用户终端都彼此直接连通一样。

■ 共享性：

- 即资源共享。
- 实现信息共享、软件共享、硬件共享。
- 由于网络的存在，这些资源好像就在用户身边一样地方使用。

1. 计算机网络的作用








互联网+：新的经济形态



指“互联网+各个传统行业”，把互联网的创新成果深度融合于经济社会各领域。

1. 计算机网络的作用

互联网的负面影响

-  传播病毒
-  窃取：数据，钱财等
-  散布谣言
-  不良信息
-  欺诈
-  网瘾
- 

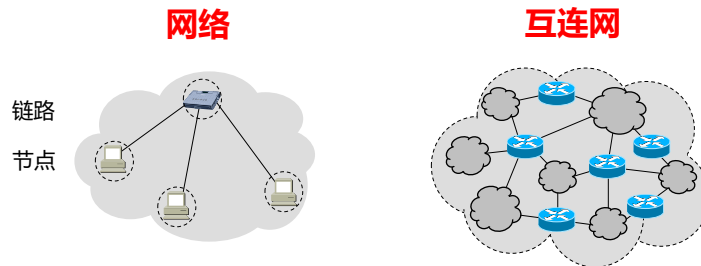
需要加强对互联网的管理。

2. 互联网概述

- 起源于美国的互联网现已发展成为世界上最大的国际性计算机互联网
- 网络：network
 - 由若干结点 (node) 和连接这些结点的链路 (link) 组成。
- 互连网：internetwork 或 internet
 - 多个网络通过一些路由器相互连接起来，构成了一个覆盖范围更大的计算机网络。
 - “网络的网络” (network of networks)。
- 连接在互连网上的计算机都称为主机 (host)。

2. 互联网概述

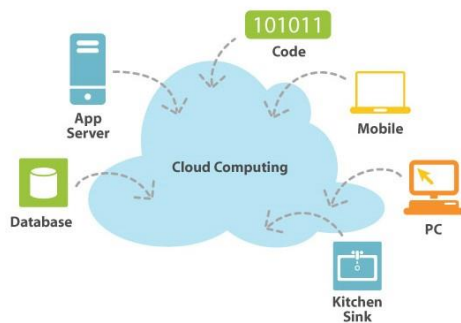
2.1 网络的网络



2. 互联网概述

2.1 网络的网络

- 网络把许多计算机连接在一起。
- 互连网则把许多网络连接在一起。
- 在绘制图形的时候，通常把互连网用一朵“云”来替代。
- “云计算”的“云”就是从这个约定俗成中来的。
- 通常说到的“网络”指的就是“计算机网络”，通常说到的“互联网”“英特网”指的是“互连网”。



云计算示意图



internet (互连网)

- 是一个通用名词，泛指由多个计算机网络互连而成的网络。

Internet (互联网)

- 是一个专用名词，特指全球最大的、开放的、由众多网络相互连接而成的特定计算机网络，它采用 TCP/IP 协议族作为通信的规则，且其前身是美国的 ARPANET。

2. 互联网概述

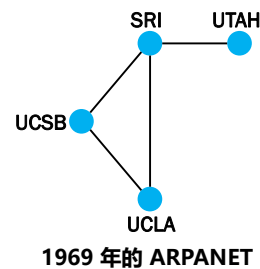
2.2 互联网发展的三个阶段



2. 互联网概述

2.2 互联网发展的三个阶段

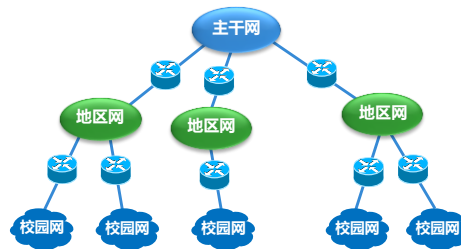
- 第一阶段：1969 – 1990
 - ARPANET：最初只是一个单个的分组交换网，不是一个互连网。
 - 1983 年，TCP/IP 协议成为 ARPANET 上的标准协议，使得所有使用 TCP/IP 协议的计算机都能利用互连网相互通信。
 - 人们把 1983 年作为互联网的诞生时间。
 - 1990 年，ARPANET 正式宣布关闭。



2. 互联网概述

2.2 互联网发展的三个阶段

- 第二阶段：1985 – 1993
 - 国家科学基金网 NSFNET。
 - 三级结构：主干网、地区网和校园网（或企业网）。
 - 覆盖了全美国主要的大学和研究所，并且成为互联网中的主要组成部分。



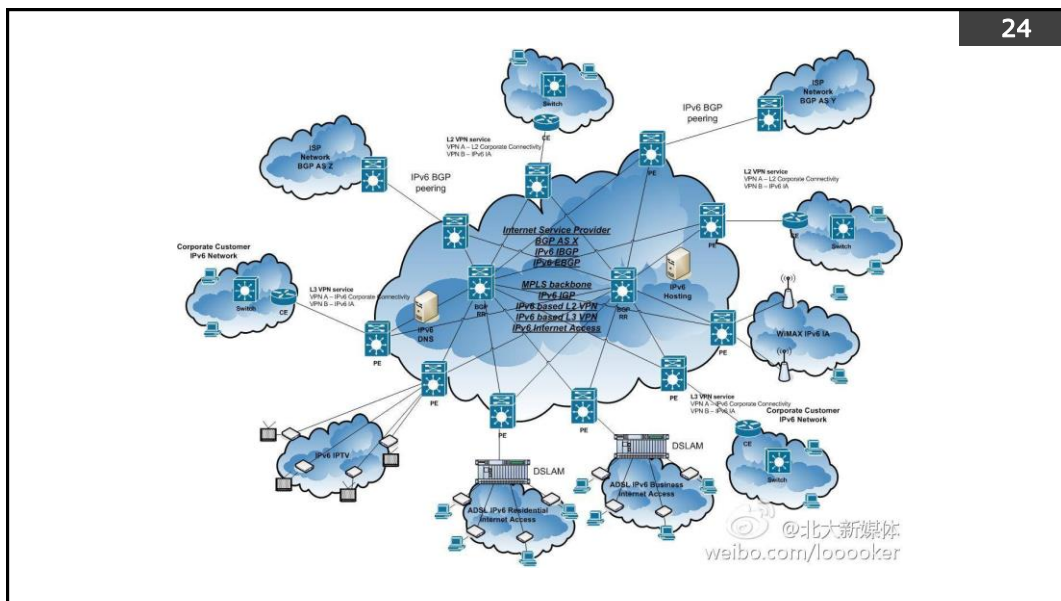
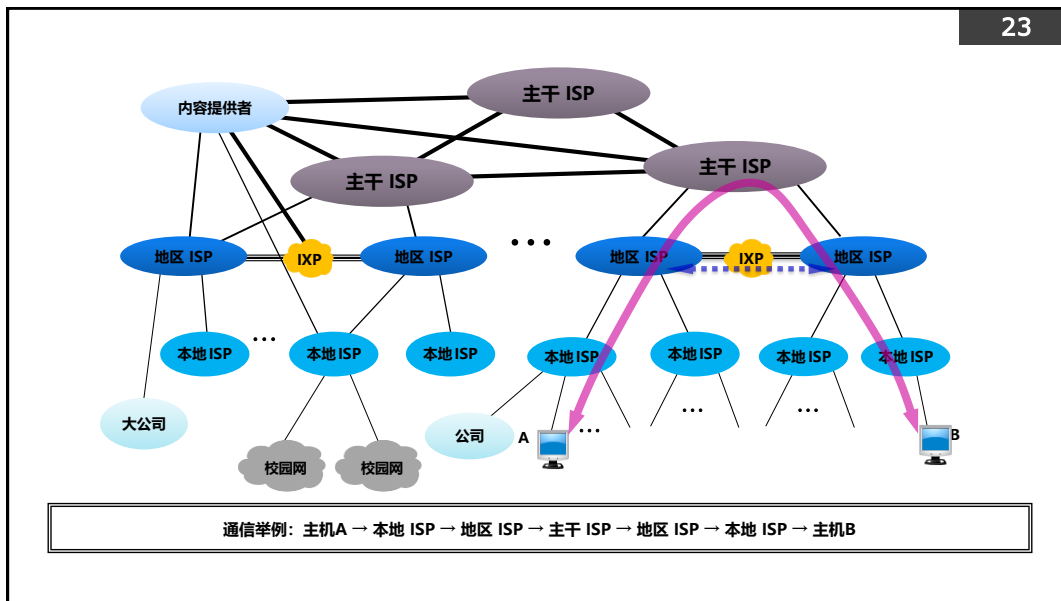
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictcm.edu.cn>

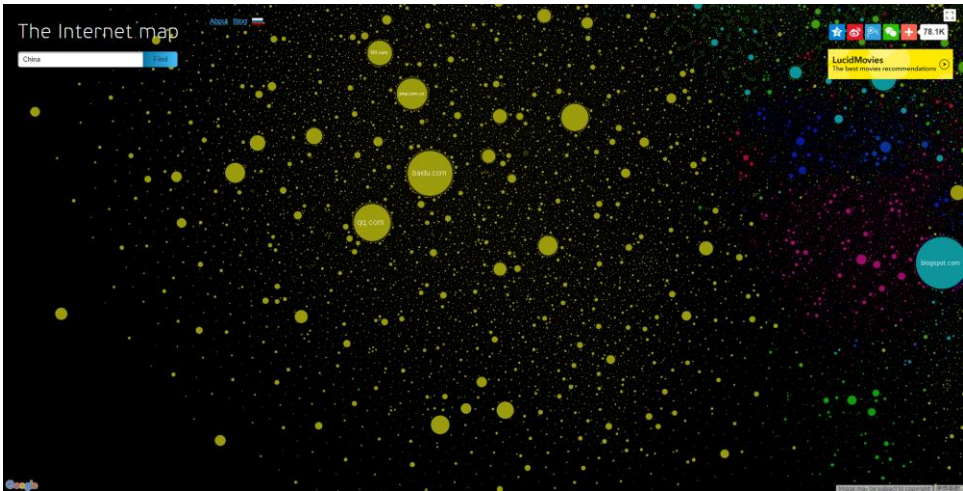
2. 互联网概述

2.2 互联网发展的三个阶段

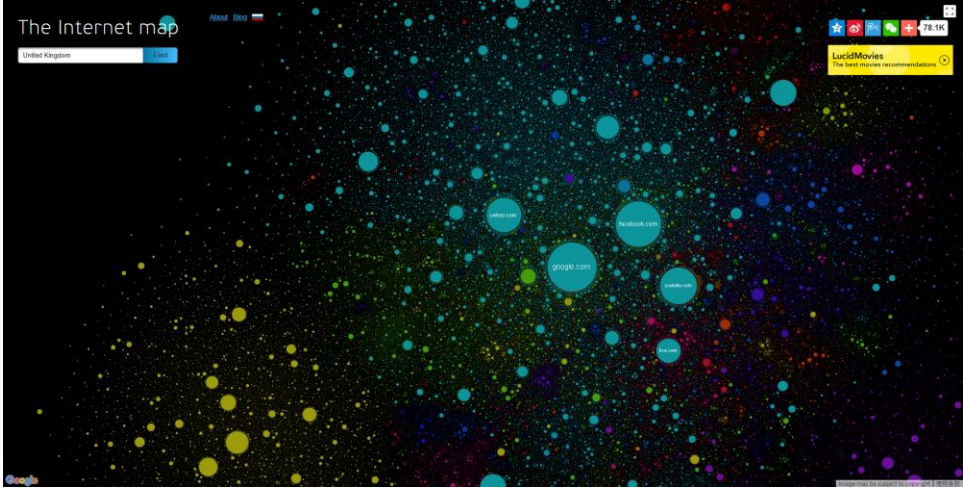
- 第三阶段：1993 至今
 - 出现了互联网服务提供者 ISP (Internet Service Provider):
 - 提供接入到互联网的服务。
 - 需要收取一定的费用。
 - 多层次 ISP 结构:
 - 主干 ISP、地区 ISP 和本地 ISP。
 - 覆盖面积大小和所拥有的 IP 地址数目的不同

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictcm.edu.cn>

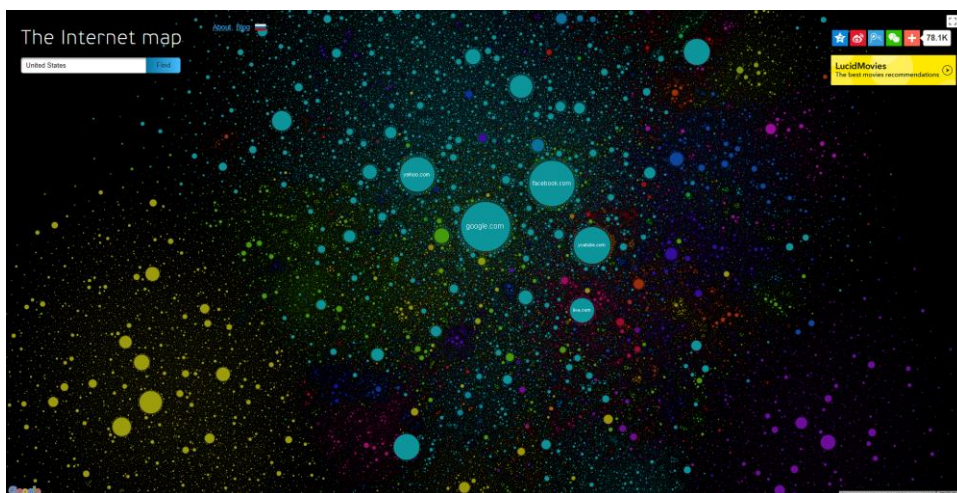




pics from Chen Pingzhao



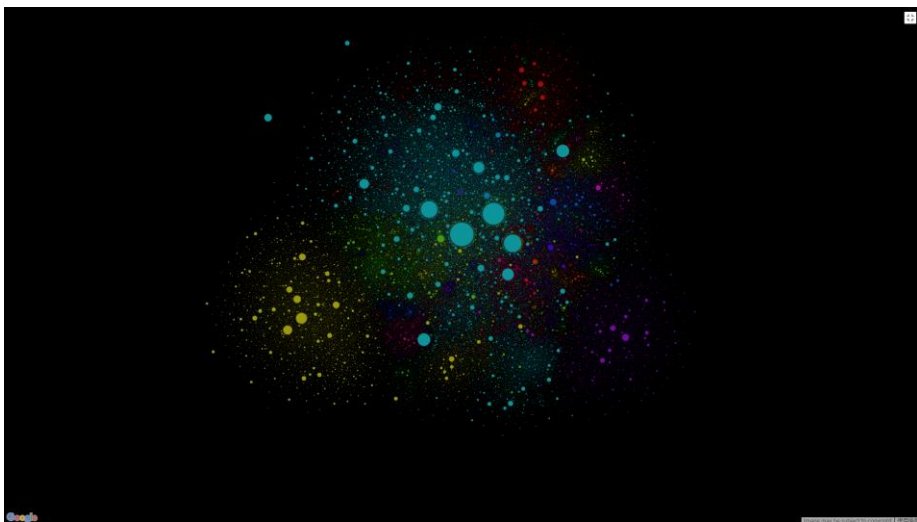
pics from Chen Pingzhao



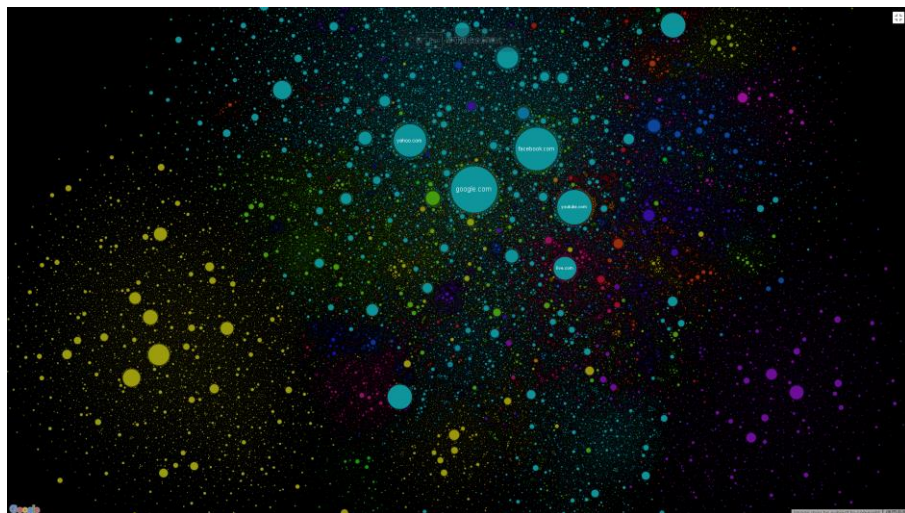
pics from Chen Pingzhao



pics from Chen Pingzhao



pics from Chen Pingzhao



pics from Chen Pingzhao

2. 互联网概述

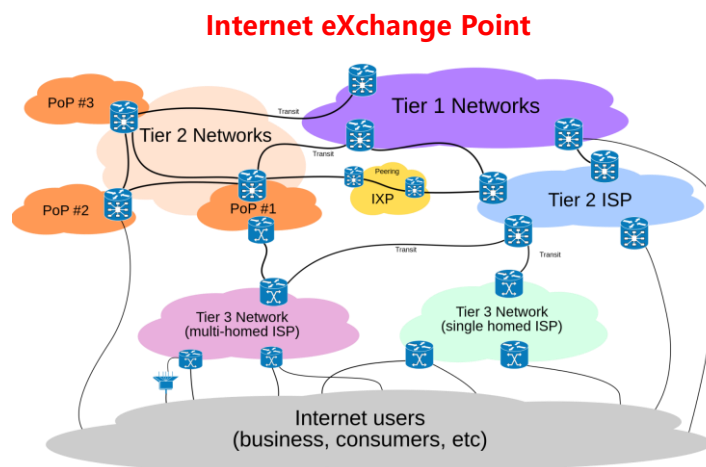
2.2 互联网发展的三个阶段

- 第三阶段：1993 至今
 - 互联网交换点 IXP (Internet eXchange Point):
 - 允许两个网络直接相连并快速交换分组。
 - 常采用工作在数据链路层的网络交换机。
 - 世界上较大的 IXP 的峰值吞吐量都在 Tbit/s 量级。
 - 内容提供者 (Content Provider):
 - 在互联网上向所有用户提供视频等内容的公司。
 - 不向用户提供互联网的转接服务。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

2. 互联网概述

2.4 互联网交换点 (IXP)



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

2. 互联网概述

2.4 互联网交换点 (IXP)

- http://en.wikipedia.org/wiki/Internet_exchange_point
- An Internet exchange point (IX or IXP) is a physical infrastructure through which Internet service providers (ISPs) exchange Internet traffic between their networks (autonomous systems).
- IXPs reduce the portion of an ISP's traffic which must be delivered via their upstream transit providers, thereby reducing the average per-bit delivery cost of their service.
- Furthermore, the increased number of paths learned through the IXP improves routing efficiency and fault-tolerance.

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

The image shows two screenshots of the WebSitePulse website. The left screenshot is the homepage for 'WebSitePulse Test Tools', which lists various testing categories: Website/Webpage Test Tools, DNS/Blacklist Test Tools, Service/Email Test Tools, and Network Test Tools. The right screenshot shows the 'Results' page for a 'Traceroute Test' performed on 'www.hactcm.edu.cn' from New York, NY, on 2022-02-20. The results table shows 21 hops with hostnames and round-trip times.

Hop	Hostname (IP)	Round trip times
1	43.5646.302	0.637 ms 0.651 ms 0.654 ms
2	173.209.549	0.746 ms 0.789 ms 1.022 ms
3	173.209.025	1.639 ms 1.663 ms 1.172 ms
4	209.200.021	1.311 ms 2.712 ms 173.209.017 1.449 ms
5	38.142.148.193	1.508 ms 1.451 ms 1.465 ms
6	154.54.3.129	1.302 ms 1.337 ms 1.564 ms
7	154.54.40.306	7.138 ms 7.151 ms 154.54.40.110 7.003 ms
8	154.54.2.158	23.293 ms 154.54.2.222 23.638 ms 154.54.7.158 23.508 ms
9	154.54.26.130	37.062 ms 154.54.26.70 36.837 ms 36.465 ms
10	154.54.30.162	52.006 ms 154.54.29.222 52.512 ms 52.545 ms
11	154.54.42.77	60.822 ms 60.800 ms 60.796 ms
12	154.54.44.86	118.771 ms 72.446 ms 150.103 ms
13	154.54.25.150	71.832 ms 154.54.42.102 72.362 ms 154.54.25.150 72.321 ms
14	36.88.196.186	234.543 ms 233.653 ms 233.026 ms
15	101.417.1689	236.422 ms 232.737 ms 232.788 ms
16	*	*
17	*	101.418.213 245.934 ms
18	101.413.2	242.009 ms 242.100 ms 242.384 ms
19	101.413.58	242.965 ms 242.896 ms
20	*	*
21	*	*

35

[Home](#) | [Network](#) | [Network Map](#)

[products & services](#) | [solutions](#) | [network](#) | [about cogent](#) | [support](#) | [offices](#)

[en](#) | [fr](#) | [de](#) | [es](#) | [it](#) | [pt](#) | [ru](#) | [tr](#) | [uk](#) | [zh](#)

Network Map

[CONTACT US](#)

On Net and IP Transit
 On Net and IP Transit with SD-WAN
 Network Managed
 Network Managed

Bot
 Hi! Welcome to Cogent!
 Is there something we can help you with today?

36

[Home](#) | [Statistics](#) | [Customers](#) | [Contact](#)

[AMSIX Statistics](#)

[AMSIX Statistics](#)
[Total Traffic](#)
[OSIX Traffic](#)
[MDX Traffic](#)
[IPX Traffic](#)
[ISP Advertising Traffic](#)
[SFlow](#)
[Historical Traffic](#)
[Realtime Stats \(RPM\)](#)
[Performance Data](#)
[Customers Only](#)

Total Traffic Statistics

Live statistics showing total aggregate volume of all parties connected to AMSIX.

[Download weekly Volume Spreadsheet](#)

Daily graph

Category	Peak	Average	Current
Input	10,532 Tbit/s	7,320 Tbit/s	10,514 Tbit/s
Output	10,582 Tbit/s	7,330 Tbit/s	10,553 Tbit/s

Standard: 20-Feb-2022 18:28:08 (UTC+0) Copyright © 2022 AMSIX B.V.

Weekly graph

Category	Peak	Average	Current
Input	10,676 Tbit/s	7,446 Tbit/s	10,360 Tbit/s
Output	10,681 Tbit/s	7,446 Tbit/s	10,393 Tbit/s

Standard: 20-Feb-2022 18:28:08 (UTC+0) Copyright © 2022 AMSIX B.V.

Monthly graph

Category	Peak	Average	Current
Input	10,580 Tbit/s	7,486 Tbit/s	9,887 Tbit/s
Output	10,580 Tbit/s	7,500 Tbit/s	9,976 Tbit/s

Standard: 20-Feb-2022 18:28:08 (UTC+0) Copyright © 2022 AMSIX B.V.

Yearly graph

Category	Peak	Average	Current
Peak 5 Minute Input	10,985 Tbit/s	6,972 Tbit/s	7,844 Tbit/s
Peak 5 Minute Output	10,985 Tbit/s	6,923 Tbit/s	7,857 Tbit/s

Standard: 20-Feb-2022 18:28:08 (UTC+0) Copyright © 2022 AMSIX B.V.

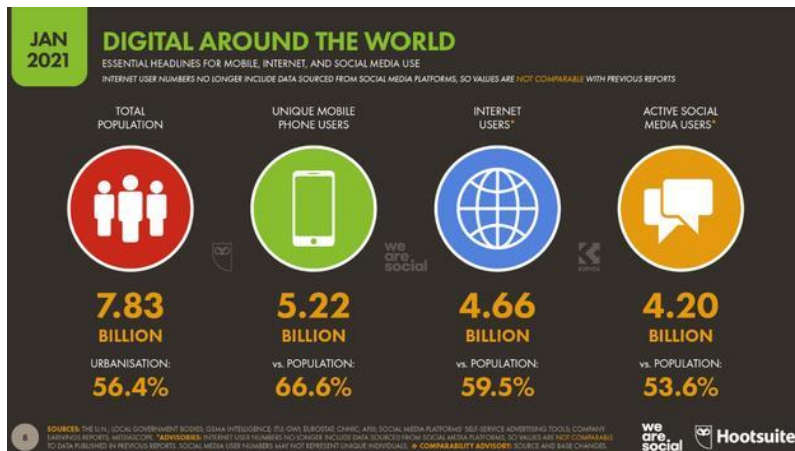
Copyright © AMSIX B.V. 2022. All rights reserved.

2. 互联网概述

2.5 WWW

- 万维网 www (Word Wide Web)
 - 由欧洲原子核研究组织 CERN 开发。
 - 成为互联网指数级增长的主要驱动力。

- 数字：
 - 截至2021年1月，世界人口数量为78.3亿。
 - 全球有52.2亿人使用手机，相当于世界总人口的66.6%。
 - 互联网用户平均每天在所有设备上使用互联网的时间接近7小时，相当于每周上网时间超过48小时。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

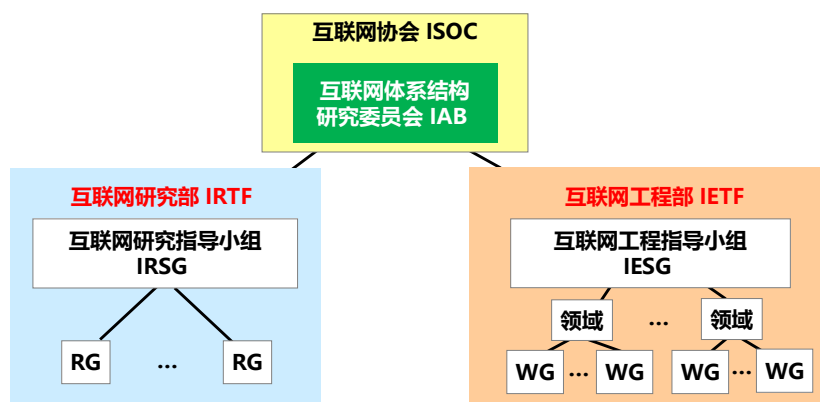
2. 互联网概述

2.6 互联网的标准化工作

- 1992年，由于互联网用户的急剧增加及应用范围的不断扩大，一个以制定互联网相关标准及推广应用为目的的互联网用户协会ISOC应用而生，它标志着互联网开始真正向商用过渡。
- ISOC（国际互联网协会）是一个非政府、非营利性的行业性国际组织，总部及秘书处设在美国弗吉尼亚州莱斯顿地区（Reston）并在美国华盛顿和瑞士日内瓦设有办事处。
- ISOC的目标是保证互联网的开放发展并为全人类服务。

2. 互联网概述

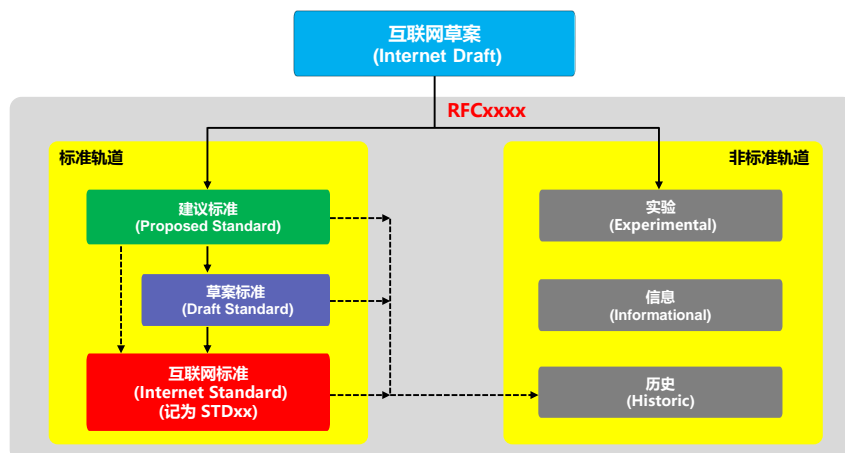
2.6 互联网的标准化工作



2. 互联网概述

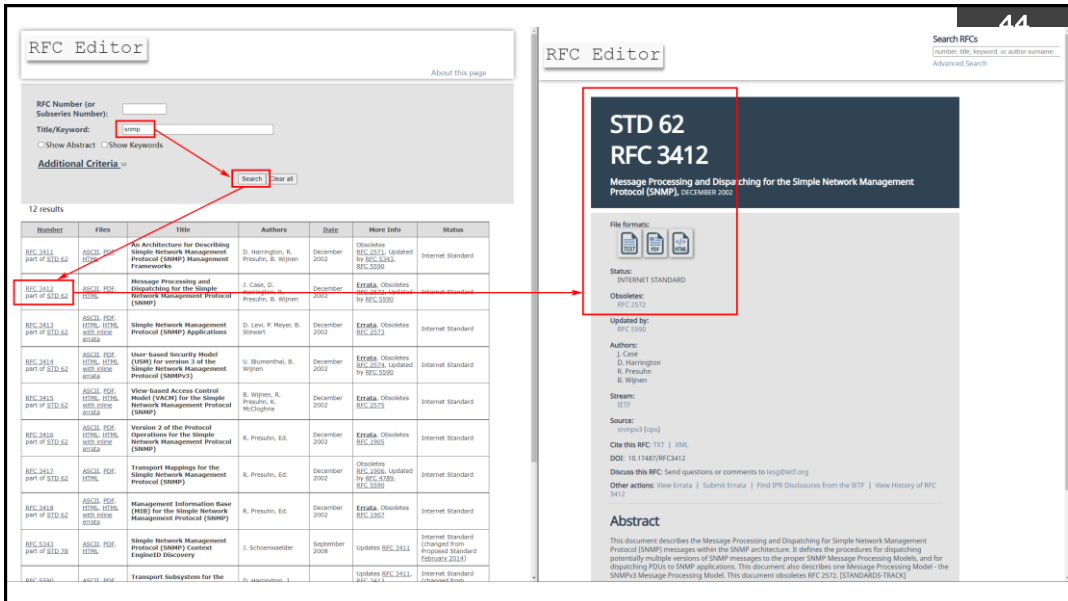
2.6 互联网的标准化工作

- 标准发表：以 RFC 的形式
 - RFC: Request For Comments (请求评论)。
 - 所有的 RFC 文档都可从互联网上免费下载。
 - 任何人都可以用电子邮件随时发表对某个文档的意见或建议。
 - 但并非所有的 RFC 文档都是互联网标准，只有很少部分的 RFC 文档最后才能变成互联网标准。
 - RFC 文档按发表时间的先后编上序号 (即 RFCxxxx, xxxx 是阿拉伯数字)。





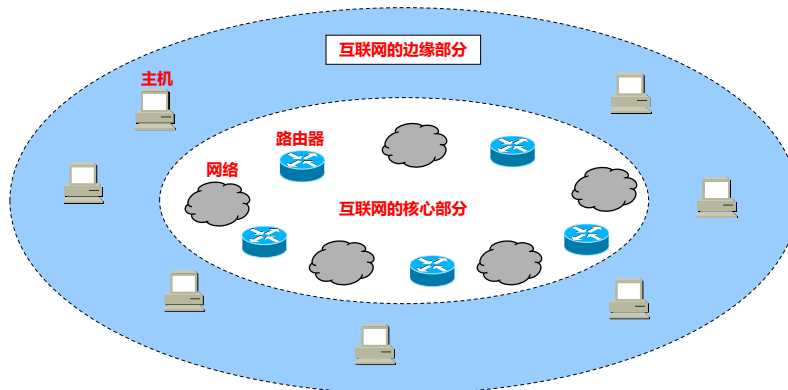
<https://www.rfc-editor.org>



3. 互联网的组成

- 从互联网的工作方式上看，可以划分为以下的两大块：
- 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）。

3. 互联网的组成

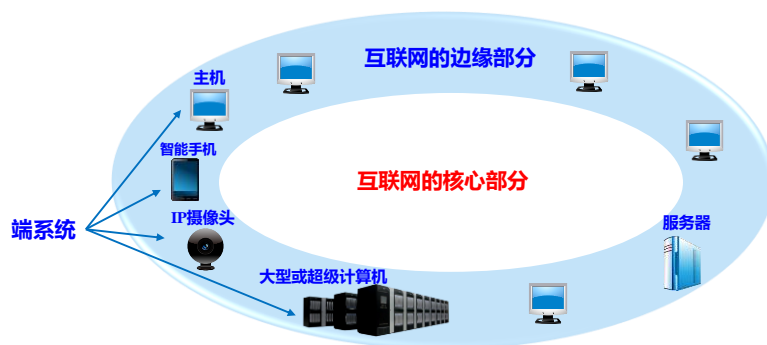


3. 互联网的组成

3.1 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差别：
 - 小的端系统：普通个人电脑、智能手机、网络摄像头等。
 - 大的端系统：非常昂贵的大型计算机或服务器。
 - 端系统的拥有者：可以是个人、单位、或某个 ISP。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>



3. 互联网的组成

- “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”。

3. 互联网的组成

- 网络边缘的端系统之间的通信通常划分为两大类：
 - 客户-服务器方式 (C/S方式)
 - 对等方式 (P2P方式)

客户/服务器方式

- Client / Server 方式
- 简称为 C/S 方式

对等方式

- Peer to Peer 方式
- 简称为 P2P 方式

3. 互联网的组成

3.1 互联网的边缘部分

- 客户-服务器方式 (C/S 方式) 工作原理:
 - 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。
 - 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。

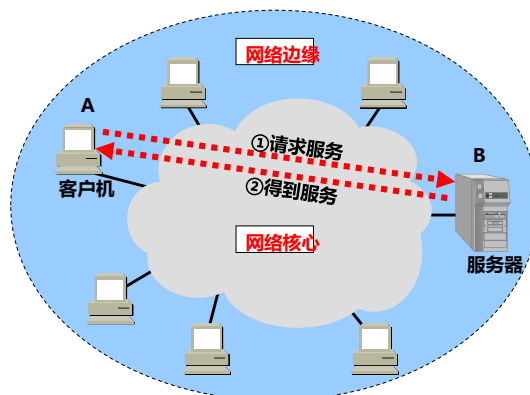
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

客户程序

- 被用户调用后运行, 需主动向远地服务器发起通信 (请求服务)。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。

服务器程序

- 专门用来提供某种服务的程序, 可同时处理多个客户请求。
- 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。不需要知道客户程序的地址。
- 一般需要强大的硬件和高级的操作系统支持。

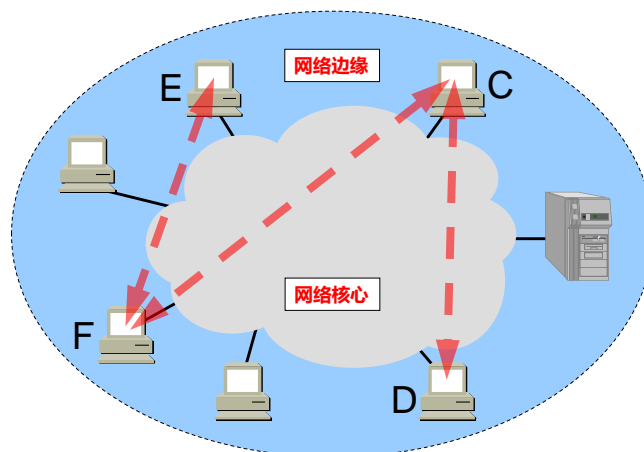


3. 互联网的组成

3.1 互联网的边缘部分

- 对等连接方式工作原理：
 - 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同时是服务器。
 - 每台主机都运行P2P程序。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>



3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

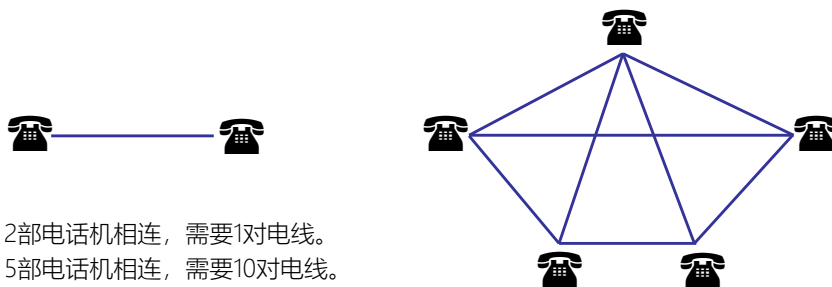
- 网络核心部分是互联网中最复杂的部分。
- 网络中的核心部分要向网络边缘中的大量主机提供连通性，使边缘部分中的任何一个主机都能够向其他主机通信（即传送或接收各种形式的数据）。
 - 在网络核心部分起特殊作用的是路由器 (router)。
 - 路由器是实现分组交换 (packet switching) 的关键构件，其任务是转发收到的分组，这是网络核心部分最重要的功能。

分组转发/分组交换是网络核心部分最重要的功能。
packet switching

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分



2部电话机相连，需要1对电线。

5部电话机相连，需要10对电线。

N部电话机相连，需要 $N(n-1)/2$ 对电线。

当电话机的数量很大时，此连接方法需要电线对数量与电话机数的平方成正比。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

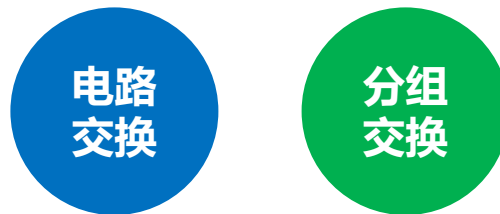


河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

- 名词：交换(switching)
 - 交换的含义就是转接：把一条电话线转接到另一条电话线，使它们连通起来。
 - 从通信资源的分配角度来看，交换就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。



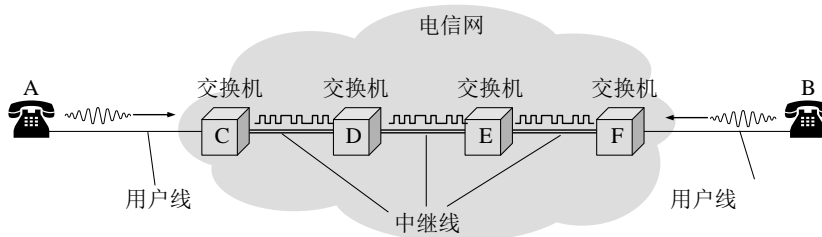
3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

- 电路交换 (circuit switching) 技术即在通信两端设备间，通过一个一个交换设备中线路的连接，实际建立了一条专用的物理线路，在该连接被拆除前，这两端的设备单独占用该线路进行数据传输。
 - 电话系统采用了线路交换技术。通过一个一个交换机中的输入线与输出线的物理连接，在呼叫电话和接收电话间建立了一条物理线路。
 - 通话双方可以一直占有这条线路通话。
 - 通话结束后，这些交换机中的输入线与输出线断开，物理线路被切断。

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

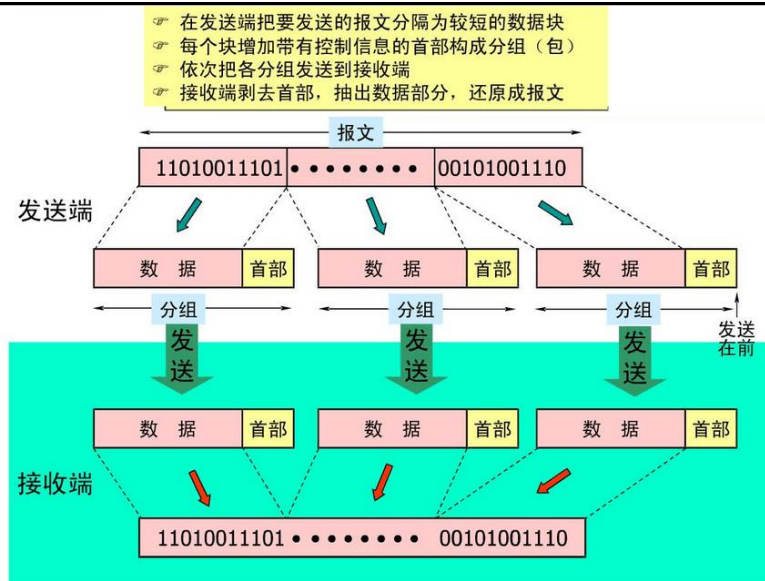
- 电路交换的优点为：
 - 连接建立后，数据以固定的传输率被传输，传输延迟小。
 - 由于物理线路被单独占用，因此不可能发生冲突。
 - 适用于实时大批量连续的数据传输。
- 电路交换的缺点为：
 - 建立连接将跨多个设备或线缆，则会需要花费很长的时间。
 - 连接建立后，由于线路是专用的，即使空闲，也不能被其它设备使用造成一定的浪费。
 - 对通信双方而言，必须做到双方的收发速度、编码方法、信息格式和传输控制等一致才能完成通信。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

- 分组交换采用存储转发技术。
 - 通常我们把发送的整块数据成为一个报文 (message)。
 - 把一个报文进行分割, 分割为等长的小数据段。在每一个小数据段前面加上必要的控制信息组成的首部 (header) 后, 就构成一个分组 (packet)。
 - 分组又称为“包”, 而分组的首部也称为“包头”。分组是在互联网中进行传送的数据单元。
 - 分组中的“首部”是非常重要的, 由于分组的首部包含了目的地址和源地址等重要的控制信息, 每一个分组才能够在网络中独立的选择传输路径, 并被正确的交付到分组传输的终点。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / http://network.xg.hactcm.edu.cn



3. 互联网的组成

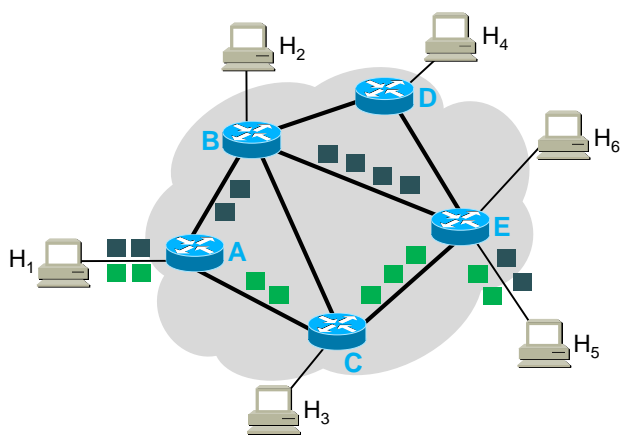
3.2 互联网的核心部分

- 互联网的核心部分是由许多网络和把它们互连起来的路由器组成，而主机处在互联网的边缘部分。
 - 在互联网核心部分的路由器之间一般都用高速链路相连接，而在网络边缘的主机接入到核心部分则通常以相对较低速率的链路相连接。
 - 主机的用途是为用户进行信息处理的，并且可以和其他主机通过网络交换信息。
- 路由器的用途则是用来转发分组的，即进行分组交换的。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

- 主机是为用户进行信息处理的，并向网络发送分组，从网络接收分组。
- 路由器对分组进行存储转发，把分组交付目的主机。
- 路由器处理分组的过程是：
 - 把收到的分组先放入缓存（暂时存储）
 - 查找转发表，找出到某个目的地址应从哪个端口转发
 - 把分组送到适当的端口转发出去

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

- 分组交换的优点：
 - 高效：动态分配传输带宽，对通信链路是逐段占用。
 - 灵活：以分组为传送单位和查找路由。
 - 迅速：不必先建立连接就能向其他主机发送分组。
 - 可靠：保证可靠性的分布式路由选择协议使网络有很好的生存性。
- 分组交换的不足：
 - 时延：分组在各结点存储转发时需要排队，这就会造成一定的时延。
 - 开销：分组必须携带的首部（控制信息）造成了一定的开销。
 - 不保证带宽：动态分配。

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

- 在20世纪40年代，电报通信也采用了基于存储转发原理的报文交换 (message switching)。
- 报文交换的时延较长，从几分钟到几小时不等。
 - 现在报文交换已经很少有人使用了。



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

中华人民共和国邮电部
电 报

来(转)报号

机上收到时间 和 报号 11. 13 / 3 (电-1010乙)

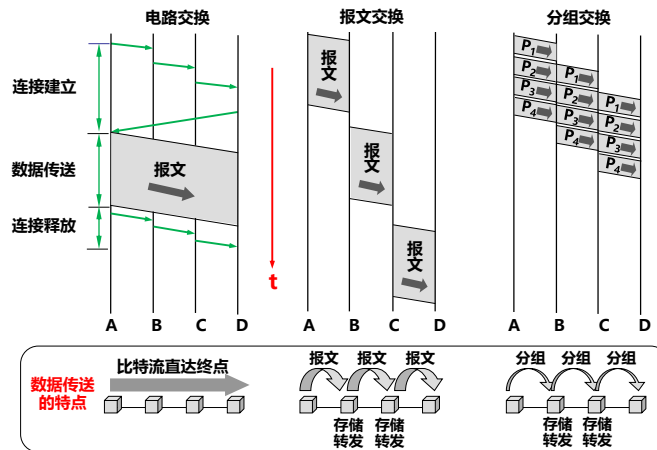
流水号数	报类	发报局名	原报号数	字数	日期	时 间
37014	P	XG 110		21	24	01.13.20
备注						
P 郑港 2001 三 0622 哈 1020 01 03 05 12 4357 社 21 17 1967 家 1620 吨 112 大						
2120 队 2163 洪 1081 尧 平						
4403 系 1311 英 6015 凡 2182 电 6602 1182 速 园						

原报号数打电话， 报号代电报局接洽。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

3. 互联网的组成

3.2 互联网的核心部分

□ 三种交换方式的比较

- 若要连续传送大量的数据，且其传送时间远大于连接建立时间，则电路交换的传输速率较快。
- 报文交换和分组交换不需要预先分配传输带宽，在传送突发数据时可提高整个网络的信道利用率。
- 由于一个分组的长度往往远小于整个报文的长度，因此分组交换比报文的时延小，同时也具有更好的灵活性。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

4. 计算机网络在我国的发展

- 中国的计算机网络发展重点：
 - 1980年，铁道部在1980年开始进行计算机联网实验。
 - 1989年11月，我国第一个公用分组交换网 CNPAC 建成。
 - 1994年4月20日，我国用 64kb/s 专线正式连入互联网。
 - 1994年5月，中国科学院高能物理研究所设立我国第一个万维网服务器。
 - 1994年9月，中国公用计算机互联网 (CHINANET) 正式启动。

4. 计算机网络在我国的发展

- 到目前为止，我国陆续建造了基于互联网技术的并能够和互联网互连的多个全国范围的公用计算机网络，其中规模最大的就是下面这五个：
 - 中国电信互联网 CHINANET（也就是原来的中国公用计算机互联网）
 - 中国联通互联网 UNINET
 - 中国移动互联网 CMNET
 - 中国教育和科研计算机网 CERNET
 - 中国科学技术网 CSTNET

你现在用的是哪个网络？

4. 计算机网络在我国的发展

- 中国互联网络信息中心 CNNIC (ChiNa Network Information Center)
 - 中国互联网络信息中心 (China Internet Network Information Center, 简称 CNNIC) 于1997年6月3日组建, 现为工业和信息化部直属事业单位, 行使国家互联网络信息中心职责。
 - 作为中国信息社会重要的基础设施建设者、运行者和管理者, 中国互联网络信息中心 (CNNIC) 负责国家网络基础资源的运行管理和维护, 承担国家网络基础资源的技术研发并保障安全, 开展互联网发展研究并提供咨询, 促进全球互联网开放合作和技术交流, 不断追求成为“专业·责任·服务”的世界一流互联网络信息中心。
 - 每年两次公布我国互联网的发展情况。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / http://network.xg.hactcm.edu.cn

The image shows two screenshots of the CNNIC website. The left screenshot displays the homepage with a search bar, navigation menu, and several service tiles including WHOIS search, domain registration, and various technical services. The right screenshot shows a 'Reports Download' page with a list of reports such as 'CNNIC 2020 China Internet Network Information Center Report' and 'CNNIC 2020 China Internet Network Information Center Report on the Development of the Internet in China'.

5. 计算机网络的类别

5.1 计算机网络的定义

- 计算机网络的精确定义并未统一。
- 最简单的定义：
 - 计算机网络是一些互相连接的、自治的计算机的集合。
 - 最简单的计算机网络就是只有两台计算机和连接它们的一条链路，即两个节点和一条链路。因为没有第三台计算机，因此不存在交换的问题。
 - 最庞大的计算机网络就是互联网。它由非常多的计算机网络通过许多路由器互联而成。

5. 计算机网络的类别

5.1 计算机网络的定义

- 最常见的定义：
 - 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。
- 较好的定义：
 - 计算机网络主要是由一些通用的、**可编程的硬件**互连而成的，而这些硬件并非专门用来实现某一特定目的（例如，传送数据或视频信号）。
 - 这些可编程的硬件能够用来传送多种不同类型的数据，并能支持广泛的和日益增长的应用。

5. 计算机网络的类别

5.2 按照网络的作用范围分类

- 计算机网络有多种类别。
- 可以按以下方法分类：
 - 按照网络的作用范围进行分类；
 - 按照网络的使用者进行分类；
 - 用来把用户接入到互联网的网络。

5. 计算机网络的类别

5.2 按照网络的作用范围分类

- 按照网络的作用范围进行分类

类别	作用范围或距离
广域网 WAN (Wide Area Network)	通常为几十到几千公里。有时也称为 远程网 (long haul network)。是互联网的核心部分。
城域网 MAN (Metropolitan Area Network)	作用范围一般是一个城市，作用距离约为 5~50 公里。
局域网 LAN (Local Area Network)	局限在较小的范围（如 1 公里左右）。通常采用高速通信线路。
个人区域网 PAN (Personal Area Network)	范围很小，大约在 10 米左右。有时也称为 无线个人区域网 WPAN (Wireless PAN)。

5. 计算机网络的类别

5.3 按照网络的使用者分类

□ 按照网络的使用者进行分类

类别	作用范围或距离
公用网 (public network)	按规定交纳费用的人都可以使用的网络。也可称为 公众网 。
专用网 (private network)	为特殊业务工作的需要而建造的网络。

5. 计算机网络的类别

5.4 接入网

- 用来把用户接入到互联网的网络：接入网 AN (Access Network)
 - 又称为本地接入网或居民接入网。
 - 用于将用户接入互联网。
 - 实际上就是本地 ISP 所拥有的网络，它既不是互联网的核心部分，也不是互联网的边缘部分。
 - 是从某个用户端系统到本地 ISP 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。

5. 计算机网络的类别

5.4 接入网

- 用来把用户接入到互联网的网络：接入网 AN (Access Network)
 - 接入网的接入方式包括：
 - 铜线（普通电话线）接入
 - 光纤接入
 - 光纤同轴电缆（有线电视电缆）
 - 混合接入
 - 无线接入

6. 计算机网络的性能

性能指标：

- 速率
- 带宽
- 吞吐量
- 时延
- 时延带宽积
- 往返时间RTT
- 利用率

非性能指标：

- 费用
- 质量
- 标准化
- 可靠性
- 可扩展性和可升级性
- 易于管理与维护



6. 计算机网络的性能

- 最重要的一个性能指标。
- 指的是数据的传送速率，也称为数据率 (data rate) 或比特率 (bit rate)。
- 单位：bit/s，或 kbit/s、Mbit/s、Gbit/s 等。
 - 例如 4×10^{10} bit/s 的数据率就记为 40 Gbit/s。
- 速率往往是指**额定速率或标称速率**，非实际运行速率。

6. 计算机网络的性能

6.2 带宽

频域

- 某个信号具有的频带宽度。
- 单位是赫（或千赫、兆赫、吉赫等）。
- 某信道允许通过的信号频带范围称为该信道的带宽（或通频带）。

时域

- 网络中某通道传送数据的能力，表示在单位时间内网络中的某信道所能通过的“最高数据率”。
- 单位就是数据率的单位 bit/s。

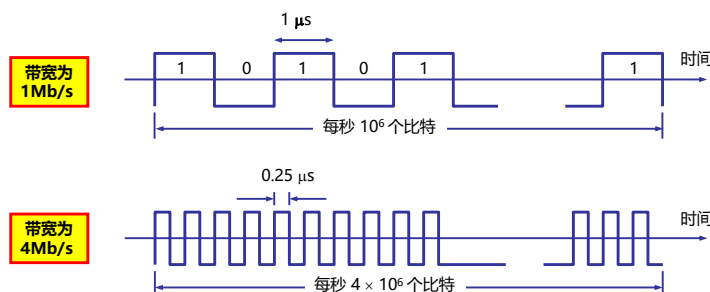
- 两者本质相同。
- 一条通信链路的“带宽”越宽，其所能传输的“最高数据率”也越高。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictm.edu.cn>

6. 计算机网络的性能

6.2 带宽

- 在时间轴上信号的宽度随带宽的增大而变窄。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictm.edu.cn>

6. 计算机网络的性能

6.3 吞吐量

- 吞吐量(throughput)表示在单位时间内通过某个网络（或信道、接口）的实际数据量。
- 吞吐量更经常地用于对现实世界中的网络的一种测量，以便知道实际上到底有多少数据量能够通过网络。
- 受网络的带宽或网络的额定速率的限制。
 - 额定速率是绝对上限值。
 - 可能会远小于额定速率，甚至下降到零！
- 有时可用每秒传送的字节数或帧数来表示。

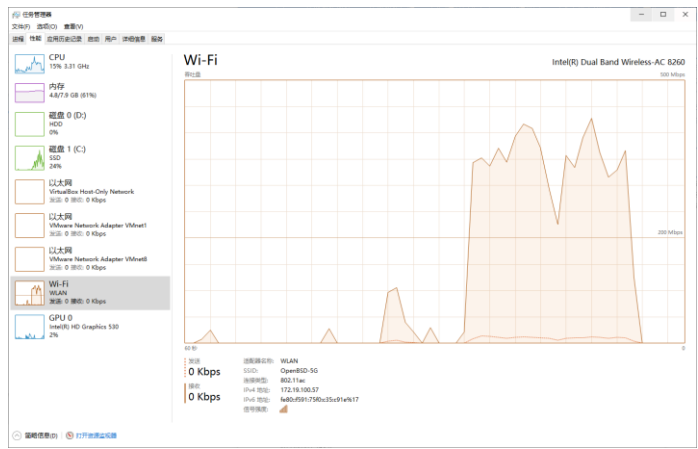
6. 计算机网络的性能

6.3 吞吐量

- 速率、带宽常用的单位是：

■ 千比特每秒：kb/s (10^3 b/s)	kbps
■ 兆比特每秒：Mb/s (10^6 b/s)	Mbps
■ 吉比特每秒：Gb/s (10^9 b/s)	Gbps
■ 太比特每秒：Tb/s (10^{12} b/s)	Tbps
- 吞吐量常用的单位：

■ 千字节每秒：kB/s (10^3 B/s)	kBps
■ 兆字节每秒：MB/s (10^6 B/s)	MBps
■ 吉字节每秒：GB/s (10^9 B/s)	GBps
■ 太字节每秒：TB/s (10^{12} B/s)	TBps



速率? 带宽? 吞吐量?

6. 计算机网络的性能

6.4 时延

- 时延 (delay或latency) 是指数据 (一个报文或者分组, 亦或者比特) 从网络 (或链路) 的一端传送到另一端所需的时间。
 - 时延是非常重要的性能指标。
 - 时延在某些场景下被称为延迟、迟延。
- 网络通信的时延有四个部分组成, 分别是发送时延、传播时延、处理时延、排队时延。
 - 总时延 = 发送时延 + 传播时延 + 处理时延 + 排队时延

6. 计算机网络的性能

6.4 时延

- 发送时延 (transmission delay) : 传输时延
 - 是主机或路由器发送数据帧所需要的时间。
 - 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。

$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据帧长度 (b)}}{\text{发送速率 (b/s)}}$$

6. 计算机网络的性能

6.4 时延

- 传播时延 (propagation delay)
 - 是电磁波在信道中需要传播一定的距离而花费的时间。

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

6. 计算机网络的性能

- 传播时延 (propagation delay)
 - 是电磁波在信道中需要传播一定的距离而花费的时间。
 - 电磁波传播速率：
 - 自由空间的传播速率是光速 = 3.0×10^5 km/s
 - 铜线电缆中的传播速率约 = 2.3×10^5 km/s
 - 光纤中的传播速率约 = 2.0×10^5 km/s

发送时延与传播时延有本质上的不同。

- 发送时延发生在机器内部的发送器中，与传输信道的长度（或信号传送的距离）没有任何关系。
- 传播时延则发生在机器外部的传输信道媒体上，而与信号的发送速率无关。信号传送的距离越远，传播时延就越大。

6. 计算机网络的性能

□ 处理时延

- 是主机或者路由器在收到分组时要花费的进行处理的时间。
- 例如，主机或者路由器在分析分组的首部、从分组中提取数据部分、进行差错检验、查找路由以进行转发等工作，均需要一定的时间。

□ 排队时延

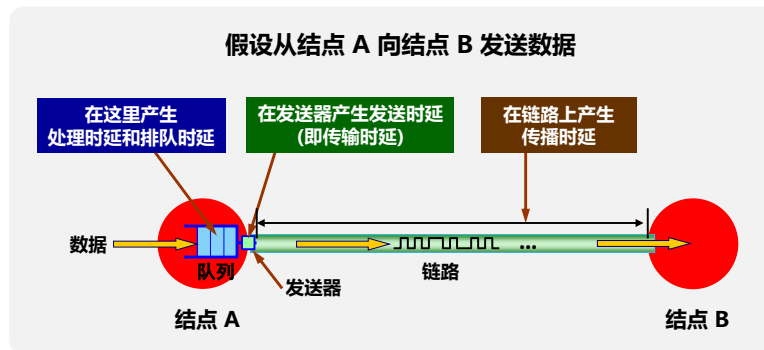
- 是分组在路由器进行处理时，排队的时间。
- 分组在传输到路由器，需要首先进入路由器输入队列中进行排队，路由器在确定转发接口后，需要进入路由器输出队列中等待转发，这个过程中，分组均需要排队等待处理。

总时延 = 发送时延 + 传播时延 + 处理时延 + 排队时延

小时延的网络要优于大时延的网络。

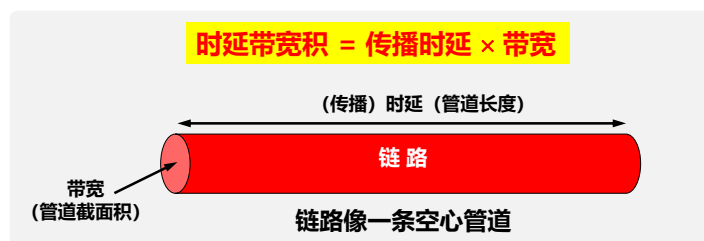
- 在某些情况下，一个低速率、小时延的网络很可能要优于一个高速率但大时延的网络。
- 必须指出，在总时延中，究竟是哪一种时延占主导地位，必须具体分析。

四种时延产生的地方不一样



6. 计算机网络的性能

- 时延带宽积：将传播时延和带宽相乘。
 - 链路的时延带宽积又称为以比特为单位的链路长度。
 - 管道中的比特数表示从发送端发出但尚未到达接收端的比特数。
 - 只有在代表链路的管道都充满比特时，链路才得到了充分利用。

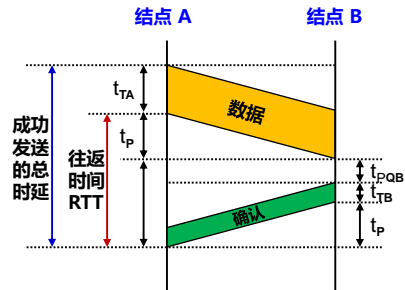


6. 计算机网络的性能

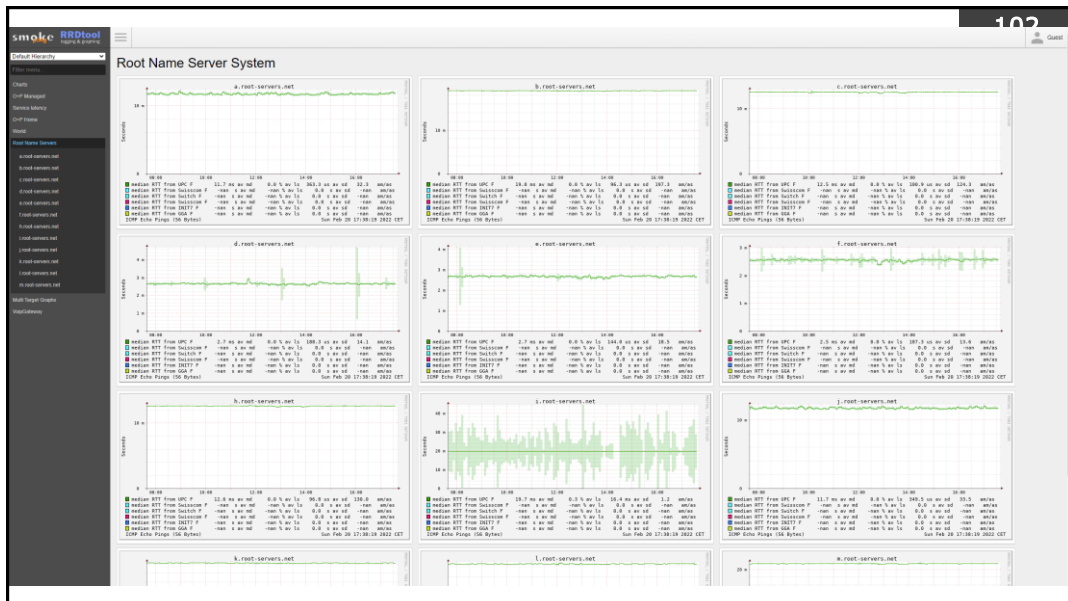
6.6 往返时间RTT

- 往返时间RTT (Round-Trip Time)
 - 表示从发送方发送数据开始，到发送方收到来自接收方的确认（接收方接收数据后马上发送接收确认），总共经历的时间。

$$\begin{aligned}
 \text{往返时间 RTT} &= \text{结点 A 到 B 的传播时延 } t_p \\
 &+ \text{结点 B 处理和排队时延 } t_{pQB} \\
 &+ \text{结点 B 发送时延 } t_{TB} \\
 &+ \text{结点 B 到 A 的传播时延 } t_p \\
 &= 2 \times \text{传播时延 } t_p \\
 &+ \text{结点 B 处理和排队时延 } t_{pQB} \\
 &+ \text{结点 B 发送时延 } t_{TB}
 \end{aligned}$$



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>



6. 计算机网络的性能

6.7 利用率

信道利用率

- 某信道有百分之几的时间是被利用的（即有数据通过）。
- 完全空闲的信道的利用率是零。

网络利用率

- 全网络的信道利用率的加权平均值。

6. 计算机网络的性能

6.7 利用率

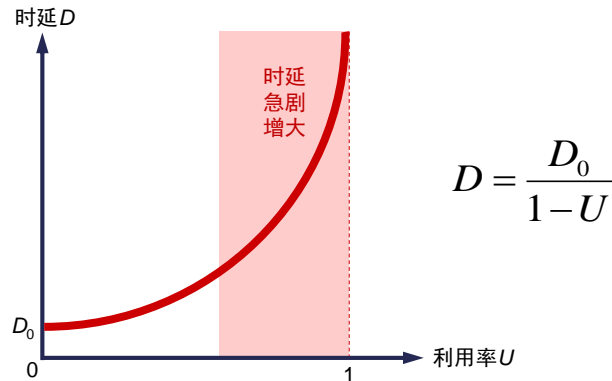
- 当某信道的利用率增大时，该信道引起的时延也就迅速增加。
 - 若令 D_0 表示网络空闲时的时延， D 表示网络当前的时延。
 - 则在适当的假定条件下，可以用下面的简单公式表示 D 和 D_0 之间的关系：

$$D = \frac{D_0}{1-U}$$

U 是网络的利用率，数值在0到1之间。

6. 计算机网络的性能

6.7 利用率



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

6. 计算机网络的性能

6.8 非性能特征



**对网络的性能评估，
要有一个综合的评估模式，
是长时间的系统化工作。**

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

7.1 计算机网络体系结构的形成



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

7.1 计算机网络体系结构的形成

- 两台计算机进行文件传递：
 - Step1: 发起通信的计算机将数据通信的链路进行激活（activate）。
 - Step2: 告诉网络如何找到接收数据的计算机。
 - Step3: 发送数据计算机确定接收数据计算机是否开机，且网络通信正常。
 - Step4: 发送数据计算机中的软件确定接收数据计算机的软件是否做好接收和存储数据的准备。
 - Step5: 确定是否需要进行数据格式（文件格式）转换，确定提供格式转换工作的计算机。
 - Step6: 对出现的传送错误和意外事故，如数据传送错误、重复或丢失，网络中某个结点交换机出故障等，以保障数据传送正确。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

7.1 计算机网络体系结构的形成

- 相互通信的两个计算机系统必须高度协调工作才行，而这种“协调”是相当复杂的。
- “分层”可将庞大而复杂的问题，转化为若干较小的局部问题，而这些较小的局部问题就比较易于研究和处理。
- 1974年，IBM公司宣布了依据分层的方法制定的系统网络体系结构SNA (System Network Architecture)。

7. 计算机网络的体系结构

7.1 计算机网络体系结构的形成

- 目前有两种通用的网络体系结构：
 - 法律上的(de jure)国际标准：开放系统互连基本参考模型OSI/RM (Open Systems Interconnection Reference Model)，但没有得到市场的认可。
 - 事实上的(de facto) 国际标准：传输控制协议/互联网互联协议，又名网络通讯协议，TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)，现在获得了最广泛的应用。

7. 计算机网络的体系结构

- 计算机网络中的数据交换必须遵守事先约定好的规则。
 - 这些规则明确规定了所交换的数据的格式以及有关的同步问题（同步含有时序的意思）。
 - 网络协议(Network Protocol), 简称为协议, 是为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定。

7. 计算机网络的体系结构

- 网络协议(Network Protocol), 简称为协议, 是为进行网络中的数据交换而建立的规则、标准或约定。
- 网络协议主要有三个要素组成：
 - 语法：数据与控制信息的结构或格式。
 - 语义：需要发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种响应。
 - 同步：事件实现顺序的详细说明。

7. 计算机网络的体系结构

- 网络协议是计算机网络不可缺少的组成部分。
- 任何网络通信，都必须要有协议。
 - 让网络上的一台计算机做任何工作，都必须要有协议。
 - 在进行单机操作的时候，例如在本地计算机上进行文档撰写、视频浏览等操作时，就不需要任何网络协议。

7. 计算机网络的体系结构

- 协议有两个部分组成：
 - 便于人来阅读和理解的文字描述，RFC 文档。
 - 让计算机能够理解的程序代码，网络协议软件，又称为网络操作系统。
- 协议采用分层设计，这是源于 ARPANET 的研究经验。
 - ARPANET 的研究经验表明，对于非常复杂的计算机网络协议，其结构应该是层次式的。

7. 计算机网络的体系结构

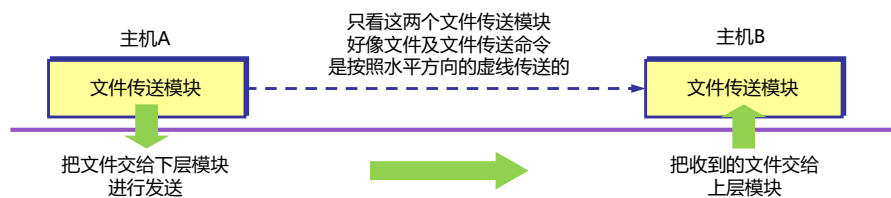
7.2 协议与划分层次

- 主机A和主机B进行文件传送为例，说明网络协议的分层设计概念。
- 主机A和主机B进行文件传送，具体的工作有三个部分：
 - 文件传送
 - 通信服务
 - 网络接入

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictcm.edu.cn>

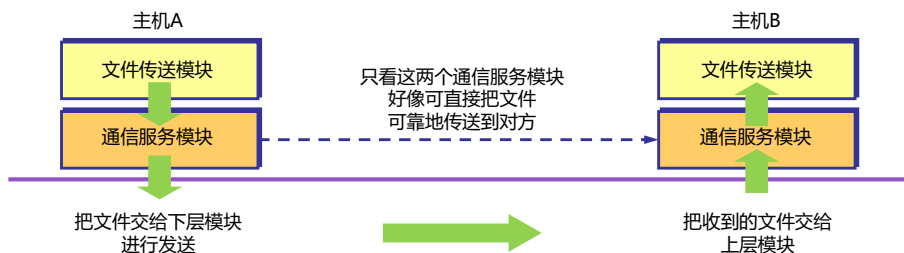
7. 计算机网络的体系结构

7.2 协议与划分分层

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictcm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

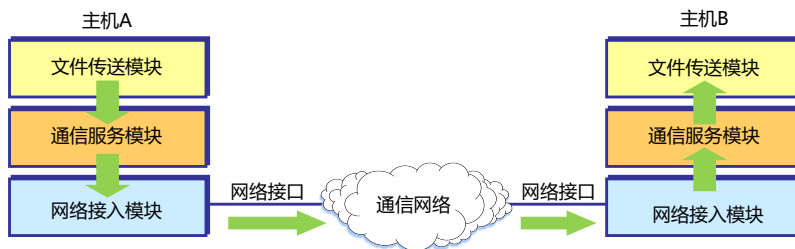
7.2 协议与划分分层



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

7.2 协议与划分分层



网络接入模块负责做与网络接口细节有关的工作。
例如，规定传输的帧格式，帧的最大长度等。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

7.2 协议与划分分层

- 协议分层设计的优点：
 - 各层之间是独立的。
 - 灵活性好。
 - 结构上可分割开。
 - 易于实现和维护。
 - 能促进标准化工作。
- 协议在分层设计上，划分多少层是非常重要的。
 - 分层太少，就会造成每一层都太复杂。
 - 分层太多，又造成描述和综合各层功能的系统工程任务时变得困难。

7. 计算机网络的体系结构

7.2 协议与划分分层

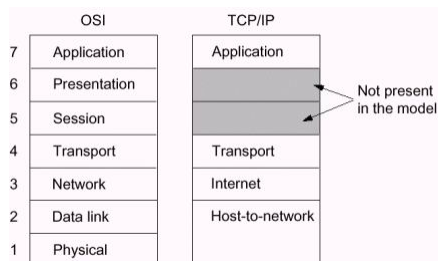
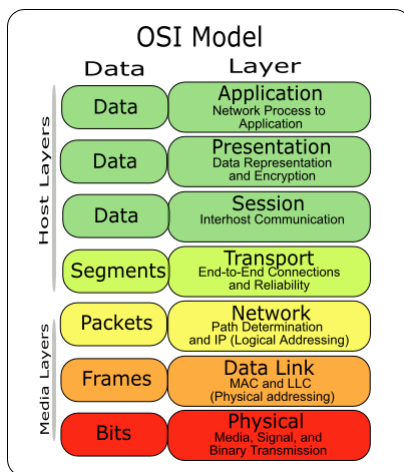
- 计算机网络的体系结构(architecture)是计算机网络的各层及其协议的集合。
 - 计算机网络的体系结构就是计算机网络及其部件所应完成的功能的精确定义。
 - 实现(implementation)是遵循这种体系结构的前提下用何种硬件或软件完成这些功能的问题。
 - 体系结构是抽象的，而实现则是具体的，是真正在运行的计算机硬件和软件。

7. 计算机网络的体系结构

7.3 五层协议的体系结构

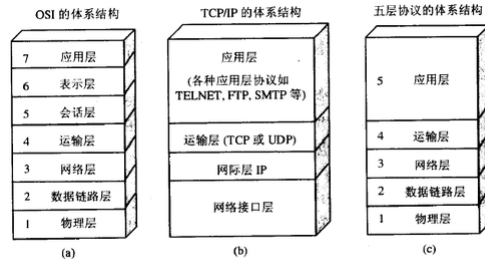
- OSI的七层协议体系结构的概念清晰，理论完整，但是既复杂又不实用。
- TCP/IP的四层协议体系结构应用广泛，得到了网络厂商的支持和实现，但是最下层的网络接口层没有具体内容。
 - TCP/IP的四层协议体系结构是应用层、运输层、网际层和网络接口层。
 - 采取折中的办法，即综合 OSI 和 TCP/IP 的优点，采用一种只有五层协议的体系结构。这种五层协议的体系结构既简洁又能将概念阐述清楚。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>



7. 计算机网络的体系结构

7.3 五层协议的体系结构



计算机网络体系结构: (a) OSI 的七层协议; (b) TCP/IP 的四层协议; (c) 五层协议

7. 计算机网络的体系结构

7.3 五层协议的体系结构

- 应用层 (application layer)
 - 应用层是体系结构的最高层。应用层的任务是通过应用进程间的交互来完成特定网络应用。应用层协议定义的是应用进程间通信和交互的规则。
- 运输层 (transport layer)
 - 运输层的任务是负责向两个主机中进程之间的通信提供通用的数据传输服务。应用进程利用该服务传送应用层报文。
 - 运输层主要是用两种协议：
 - 传输控制协议TCP
 - 用户数据报协议UDP

7. 计算机网络的体系结构

7.3 五层协议的体系结构

- 网络层 (network layer)
 - 网络层负责为分组交换网上的不同主机提供通信服务。在发送数据时，网络层把运输层产生的报文段或用户数据报封装成分组或包 (packet) 进行传送。
 - 网络层负责为每一个报文提供路由选择，使源主机运输层所传下来的分组能够通过网络中的路由器找到目的主机。
- 数据链路层 (Link layer)
 - 数据链路层常简称为链路层。两台主机之间的数据是在一段一段的链路上传送的。
 - 数据链路层将网络层交下来的数据报文封装成帧 (framing)，在两个相邻节点间的链路上传送帧。

7. 计算机网络的体系结构

7.3 五层协议的体系结构

- 物理层 (physical layer)
 - 物理层上传送的数据单位为比特。
- 广泛使用的协议是TCP和IP两个协议。
 - 现在人们常使用的协议TCP/IP并不一定是TCP和IP这两个协议。
 - TCP/IP协议常表示的意思是英特网所使用的整个TCP/IP协议簇 (protocol suite)。

7. 计算机网络的体系结构

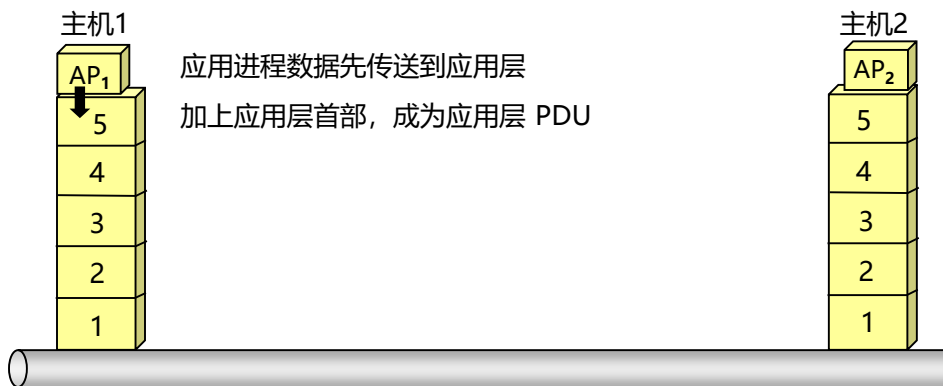
7.3 五层协议的体系结构

- 以主机1和主机2传送信息为例，描述五层协议的体系结构。



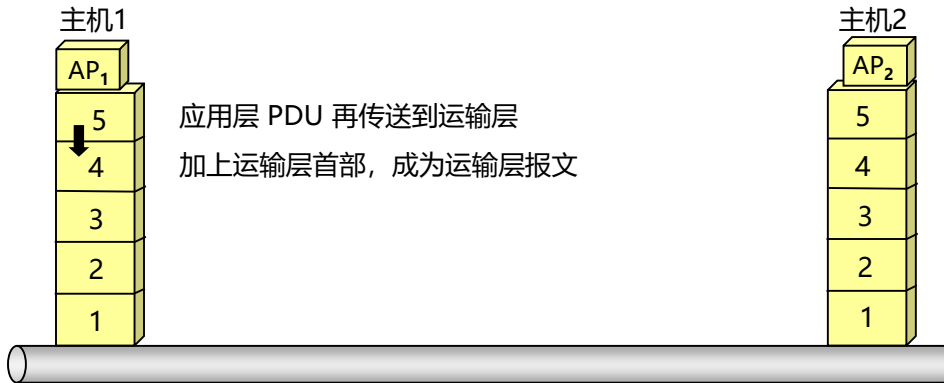
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



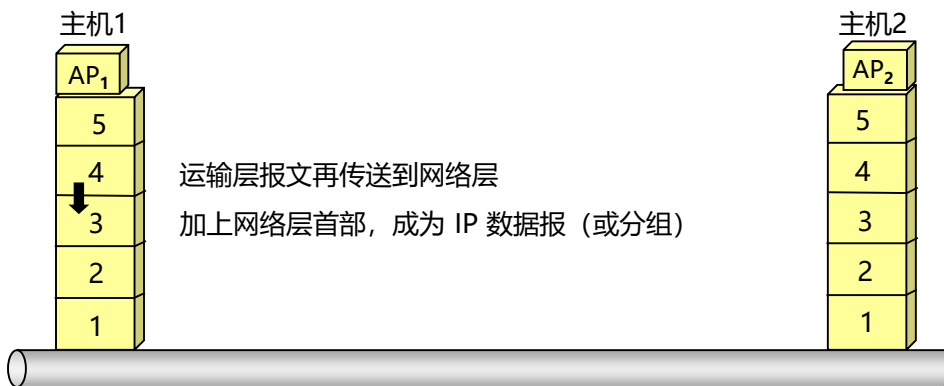
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



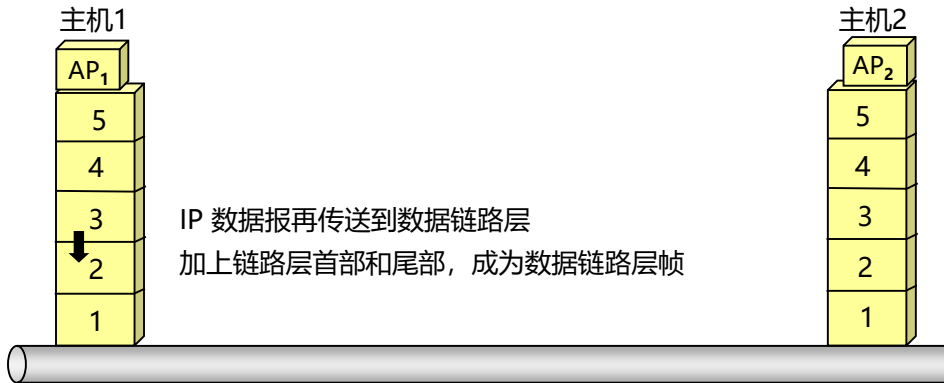
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



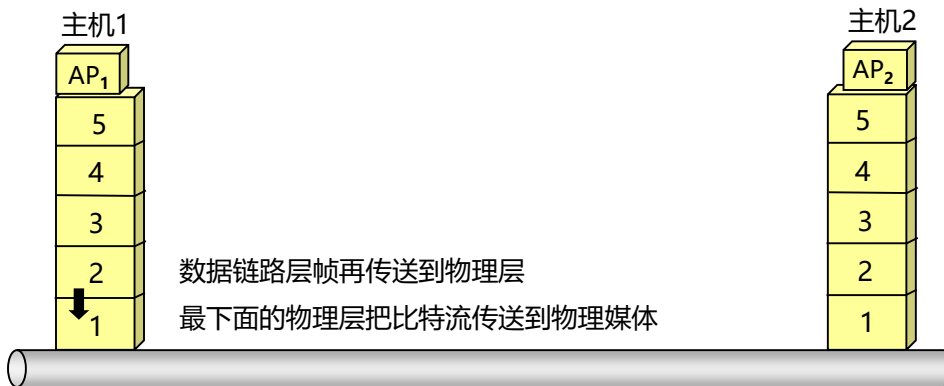
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



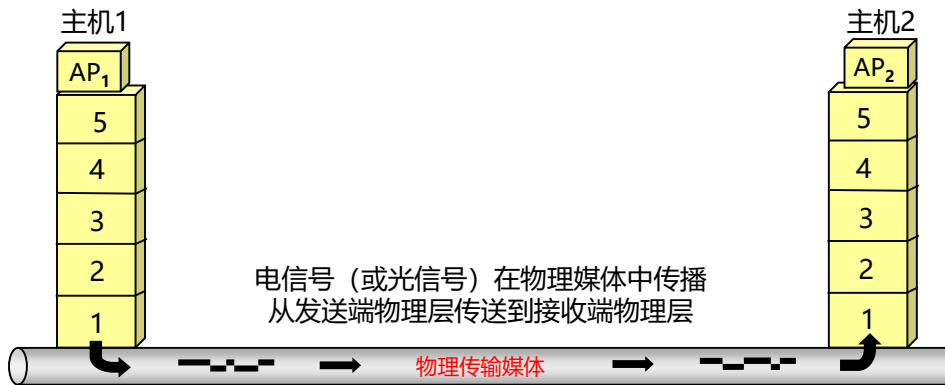
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



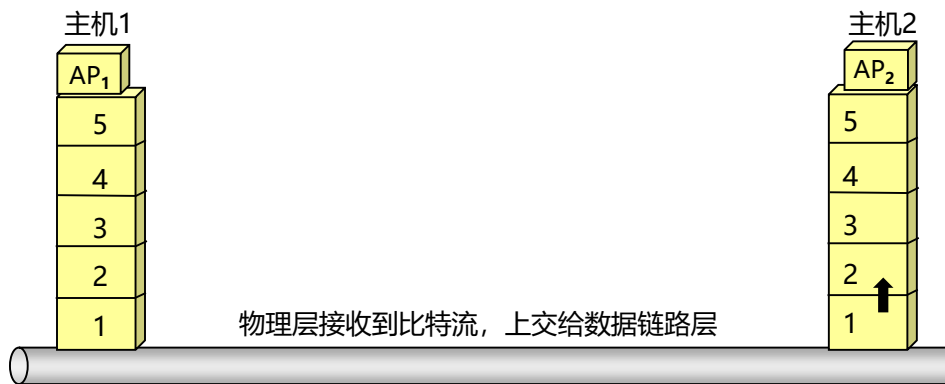
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



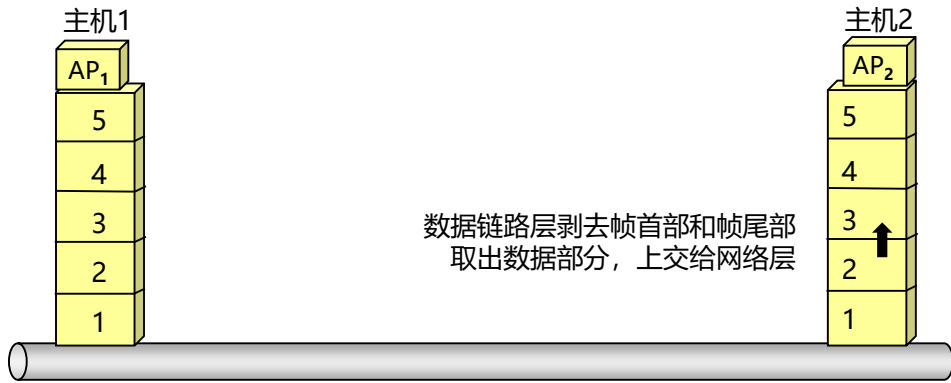
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



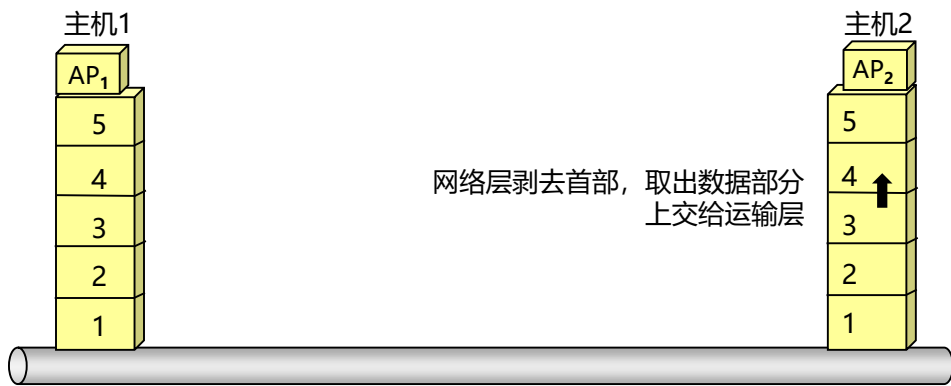
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



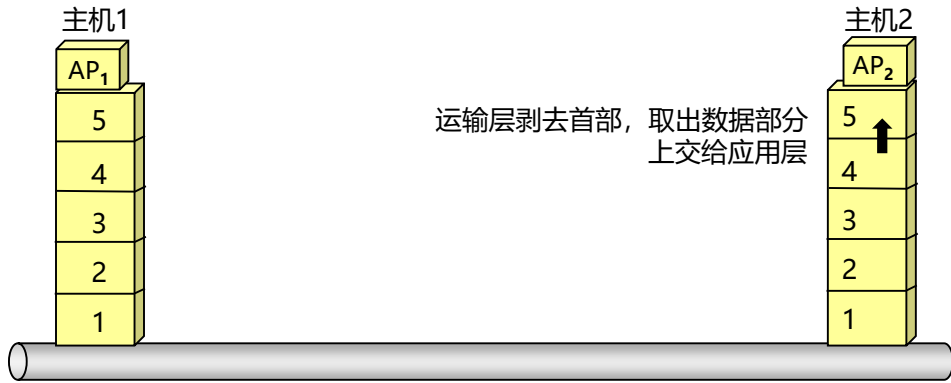
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



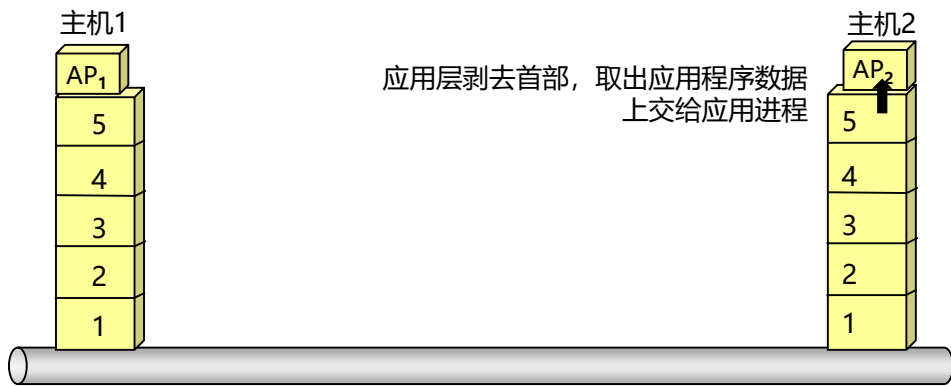
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



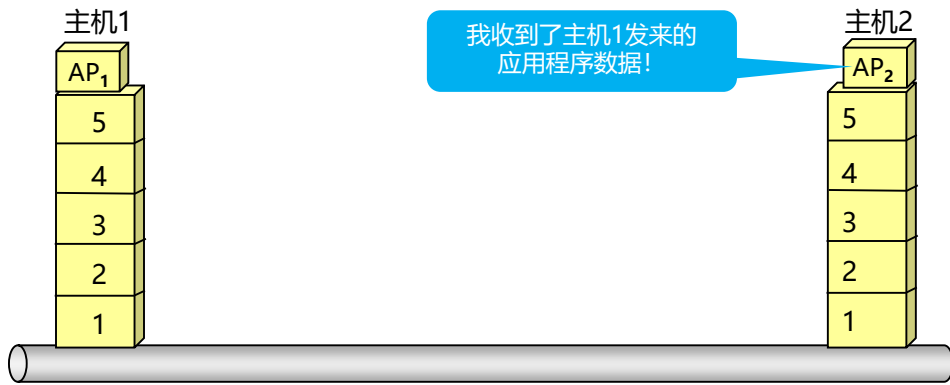
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



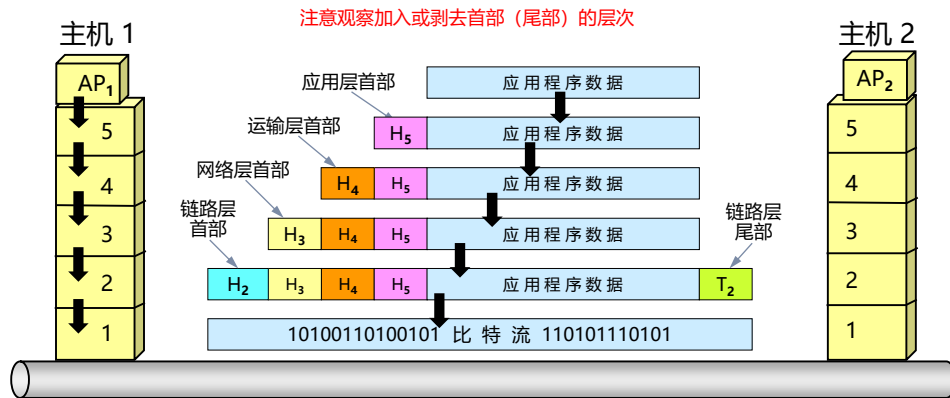
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



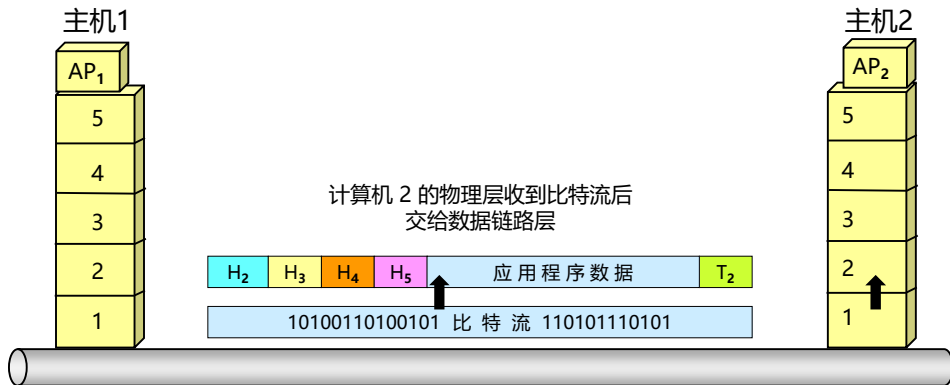
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



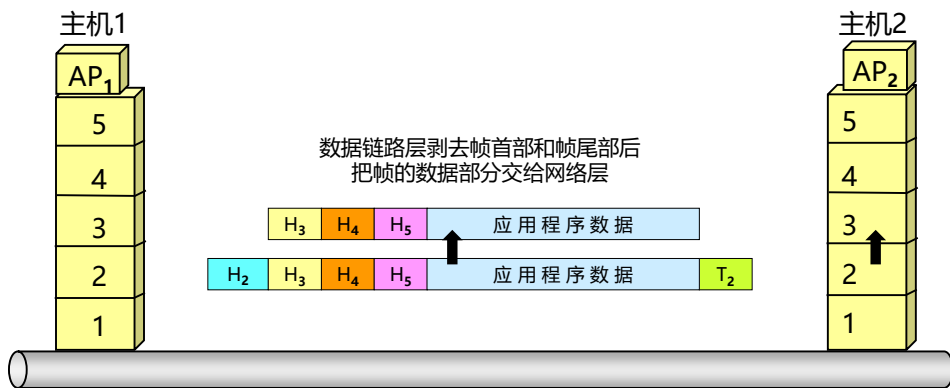
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



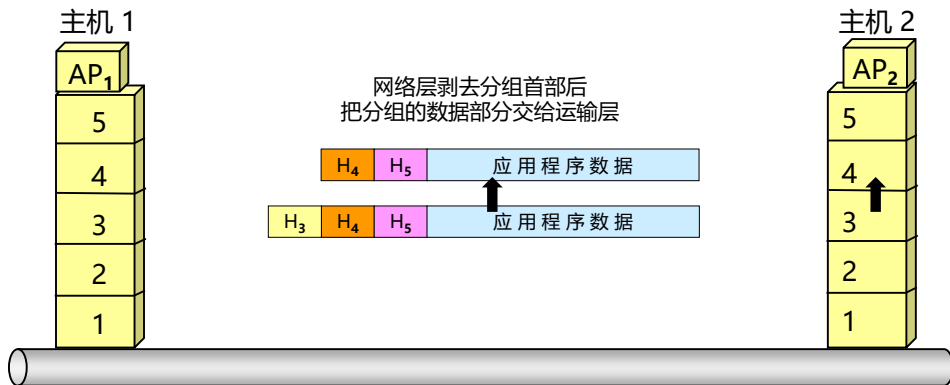
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



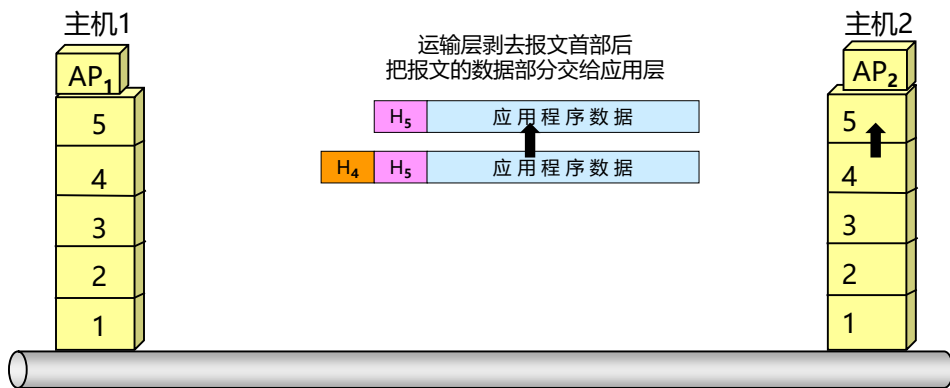
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



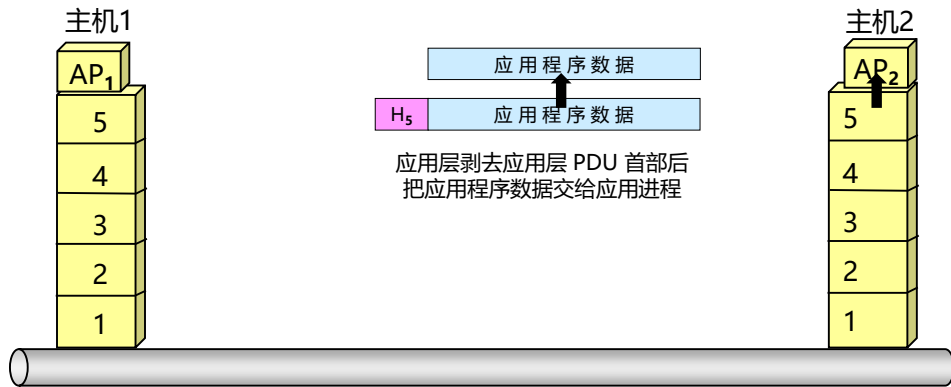
河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

主机 1 向主机 2 发送数据



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

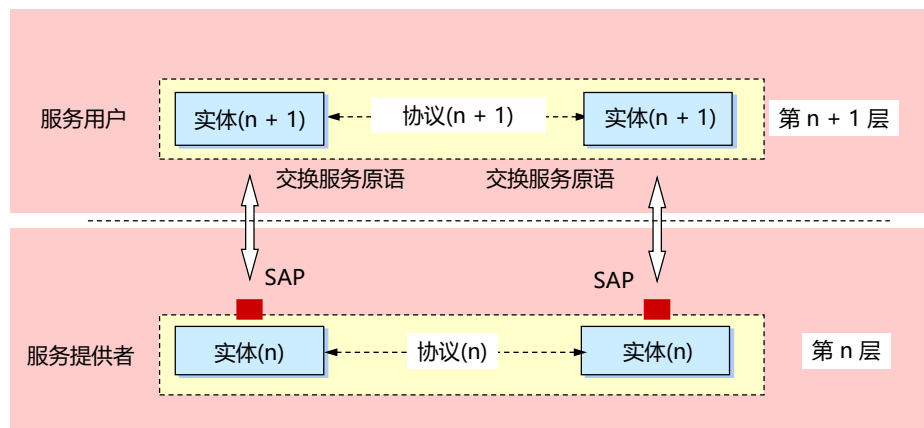
7.4 名词：实体、协议、服务、服务访问点

- **实体(entity)** 表示任何可发送或接收信息的硬件或软件进程。
- **协议** 是控制两个对等实体进行通信的规则的组合。
 - 在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供**服务**。要实现本层协议，还需要使用下层所提供的服务。
 - 在同一系统中相邻两层的实体进行交互（交换信息）的地方，通常称为**服务访问点**。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

7.4 名词：实体、协议、服务、服务访问点



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.haictm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

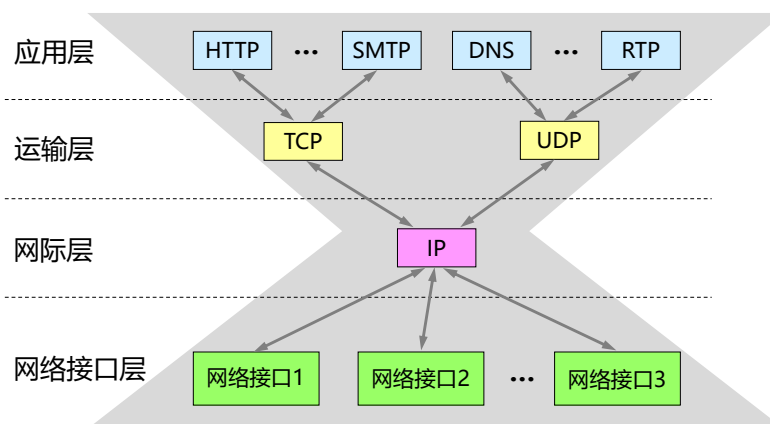
7.4 名词：实体、协议、服务、服务访问点

- 协议必须把所有不利的条件事先都估计到，而不能假定一切都是正常的和非常理想的。
 - 看一个计算机网络协议是否正确，不能光看在正常情况下是否正确，而且还必须非常仔细地检查这个协议能否应付各种异常情况。
 - 看是非常简单的协议，设计起来要考虑的问题还是非常多的，因此协议很复杂。

河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

7. 计算机网络的体系结构

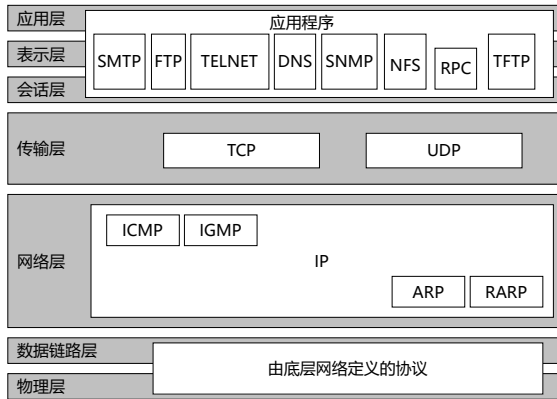
7.5 简单说说 TCP/IP



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / <http://network.xg.hactcm.edu.cn>

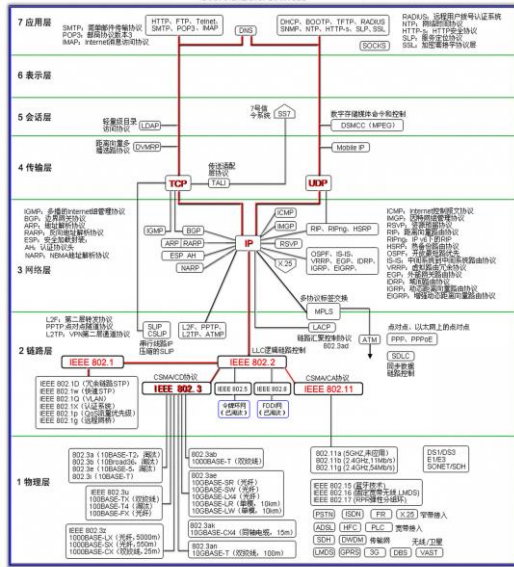
7. 计算机网络的体系结构

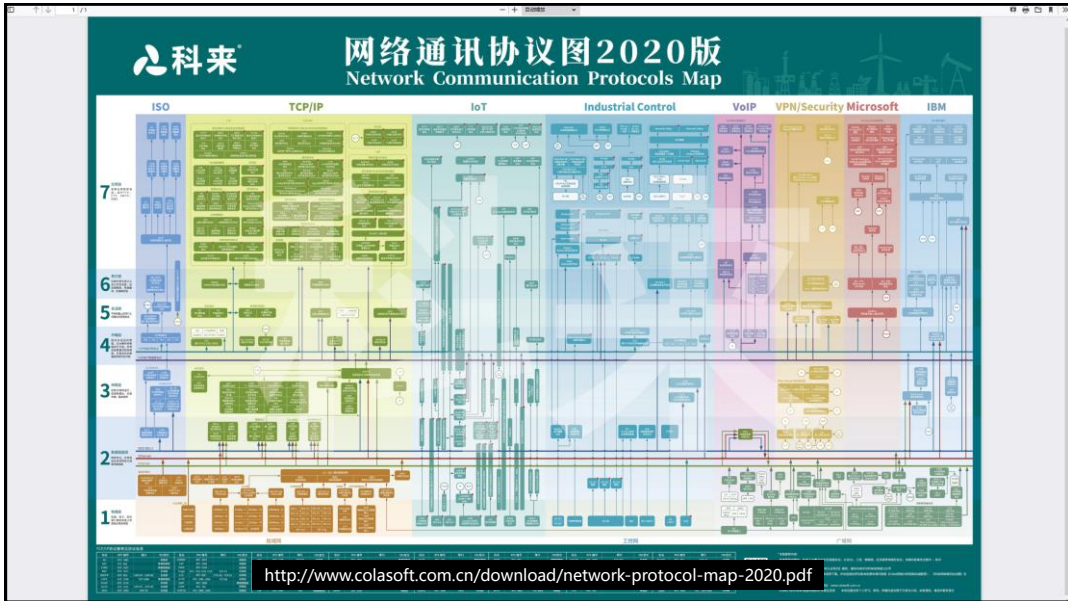
7.5 简单说说 TCP/IP



河南中医药大学信息技术学院 / 阮晓龙 / 13938213680 / http://network.xg.hactcm.edu.cn

常用网络通信协议结构图





Thanks