

● 计算机网络较好的定义

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，并支持广泛的和日益增长的应用。

两要点：多种硬件，多种应用
一注意：可编程硬件包含CPU

● 计算机网络的功能

- 数据通信
- 资源共享
- 分布式处理与负载均衡
- 提高系统的可靠性

● 计算机网络的发展历程

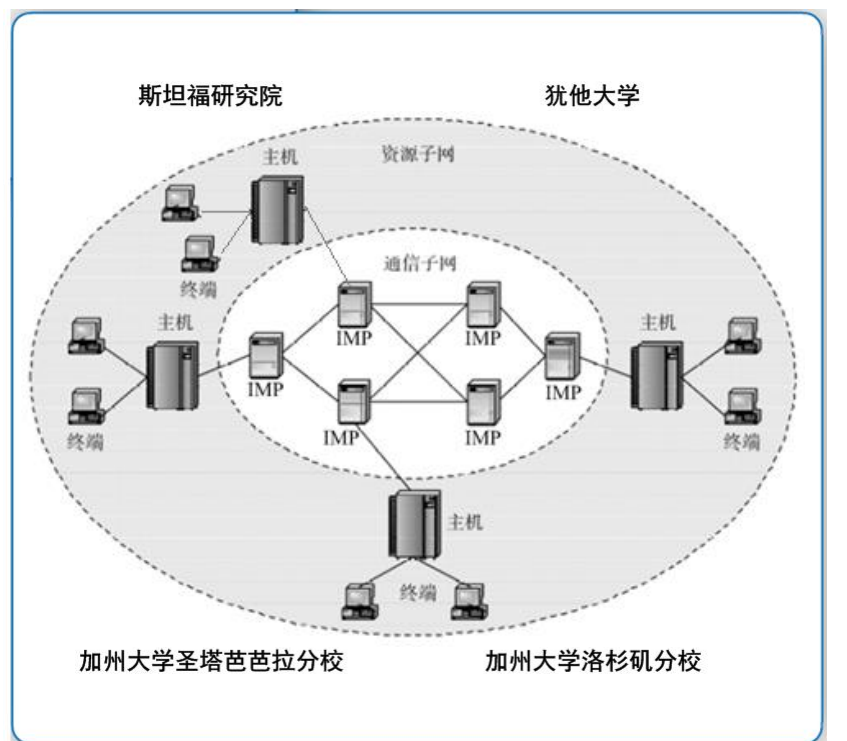
计算机技术 + 通信技术 → 计算机网络

- **面向终端**的第一代计算机网络：由“**主机-通信线路-终端**”组成

多台计算机互连的第二代计算机网络

- 随着SAGE系统的实现，美国军方又提出将分布在不同地理位置的多台计算机通过通信线路连接成计算机网络的需求。
- ARPANET (Advanced Research Project Agency Network) 诞生。

1969年，美国国防部高级研究计划署(DARPA)资助建立的阿帕网(ARPANET)把位于**洛杉矶的加利福尼亚大学**、位于**圣塔芭芭拉的加利福尼亚大学**、**斯坦福大学**，以及位于**盐城湖的犹他州州立大学**的计算机主机连接起来，位于各个节点的大型计算机采用**分组交换技术**，通过专门的通信交换机（**接口报文处理器IMP**）和专门的通信线路相互连接。



多台计算机互连的第二代计算机网络

- 随着SAGE系统的实现，美国军方又提出将分布在不同地理位置的多台计算机通过通信线路连接成计算机网络的需求。
- ARPANET (Advanced Research Project Agency Network) 诞生。
- ARPANET的成功运行使计算机网络的概念发生了根本性的变化，也标志着计算机网络的发展进入了一个新的纪元。
- 第二代计算机网络是计算机的“**形成与发展**”阶段，相对于第一代计算机网络来说有着质的飞跃，**实现了计算机与计算机互连**。这种既分散（从地理位置上讲）又统一（从服务功能上讲）的多主机计算机网络不仅使整个计算机网络的性能大大提高，而且将计算机主机的负载分散到整个计算机网络中各个计算机主机上，从而大大提高了计算机网络的响应性能。



多台计算机互连的第二代计算机网络

- 随着SAGE系统的实现，美国军方又提出将分布在不同地理位置的多台计算机通过通信线路连接成计算机网络的需求。
 - ARPANET (Advanced Research Project Agency Network) 诞生。
 - ARPANET的成功运行使计算机网络的概念发生了根本性的变化，也标志着计算机网络的发展进入了一个新的纪元。
 - 第二代计算机网络是计算机的“形成与发展”阶段，相对于第一代计算机网络来说有着质的飞跃，实现了计算机与计算机互连，这种
- 1969年，美国国防部的ARPANET
 - 1974年，IBM公司的SNA (System Network Architecture)
 - 1975年，DEC公司的DNA (Digital Network Architecture)
 - 1976年，Univac (通用自动电子计算机) 的分布式通信体系结构 (DCA , Distributed Communication Architecture) 。

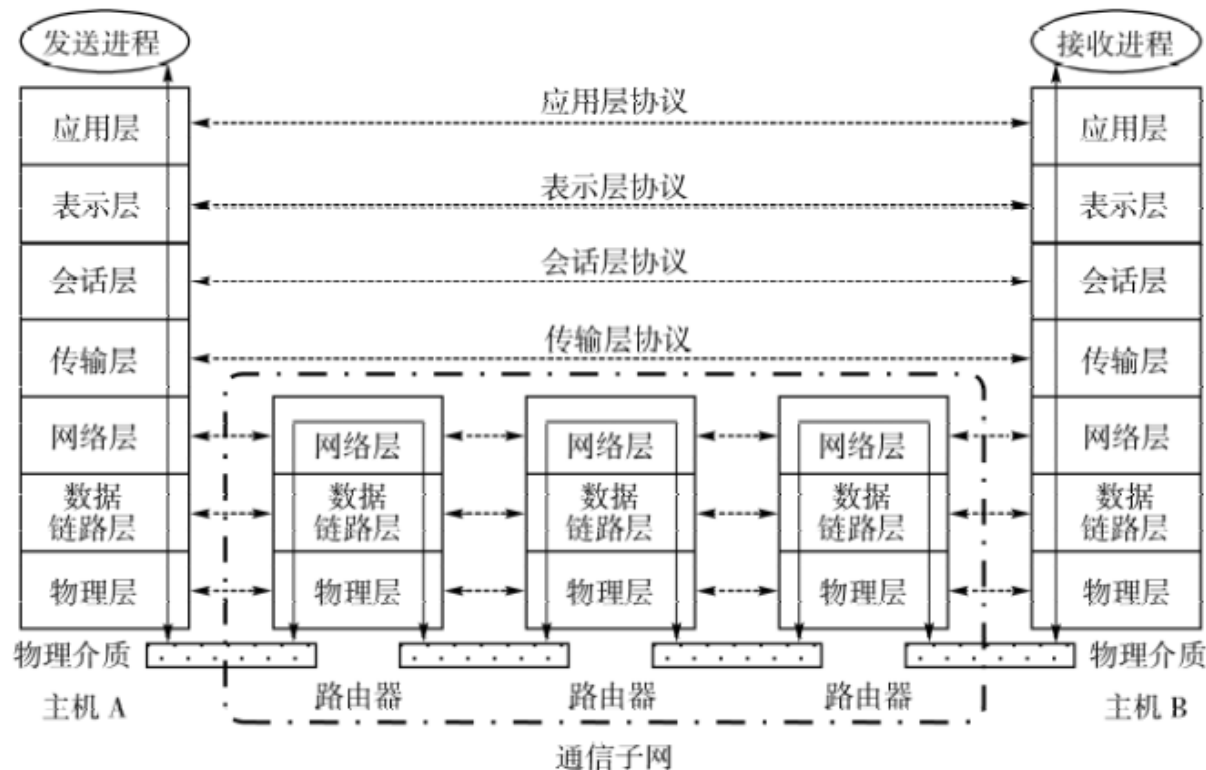


多台计算机互连的第二代计算机网络

- 随着SAGE系统的实现，美国军方又提出将分布在不同地理位置的多台计算机通过通信线路连接成计算机网络的需求。
 - ARPANET (Advanced Research Project Agency Network) 诞生。
 - ARPANET的成功运行使计算机网络的概念发生了根本性的变化，也标志着计算机网络的发展进入了一个新的纪元。
 - 第二代计算机网络是计算机的“**形成与发展**”阶段，相对于第一代
- 计算机网络市场有美质的飞跃，实现了计算机与计算机互连，这种
- 1969年，美国国防部的ARPANET
 - 1974年，IBM公司的SNA (System Network Architecture)
 - 1975年，DEC公司各个厂商自己开发自己的产品，产品之间**不能通用**，
 - 1976年，Univac公司各个厂商各自制定自己的体系结构，彼此**互不兼容**，
(DCA , Distri 无形阻碍了计算机网络的普及和发展！

以OSI为核心的国际标准化的第三代计算机网络

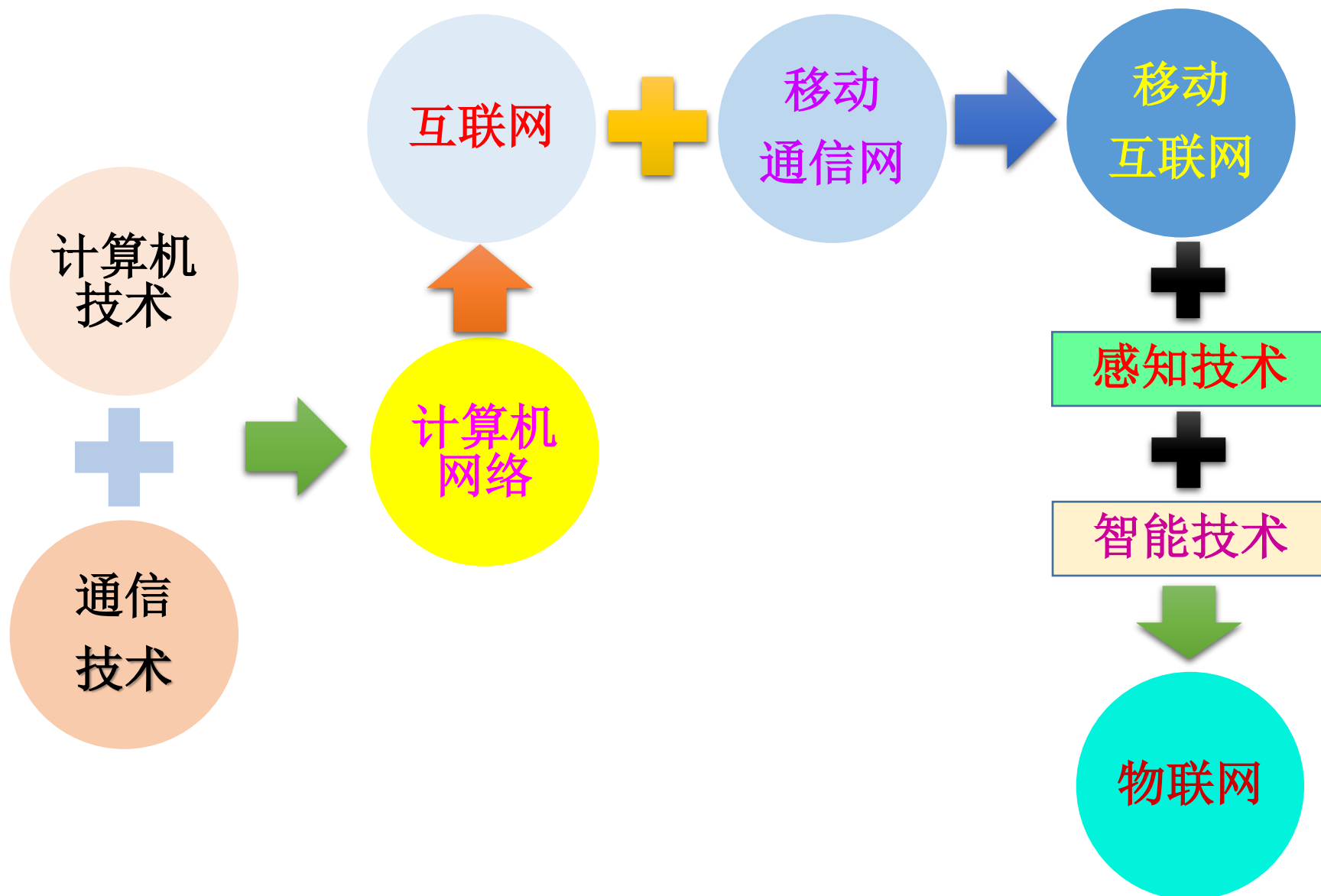
- 为了解决不同体系结构的网络互联问题，国际标准化组织（ISO）于1981年制定了**开放系统互连参考模型（OSI/RM）**，使计算机网络体系结构有了一个**全球统一的标准**，遵循此标准，可以使不同厂商的**设备和网络互联互通**。



高速、综合化的第四代计算机网络

- 20世纪90年代至21世纪初期，计算机网络向着全面互连、高速和智能化方向发展，并得到了广泛的应用。
- 新一代计算机网络应满足高速、大容量、综合性、数字信息传递等多方位的需求。
- 以千兆交换式以太网技术、帧中继技术、波分多路复用等技术为基础的宽带综合业务数字化网络为核心来建立。
- 第四代计算机网络属于计算机网络的“**继续发展**”阶段。

Internet是第四代计算机网络的典型代表，已经成为现代社会最为重要的基础设施。





网络发展的新形态

物联网

云计算

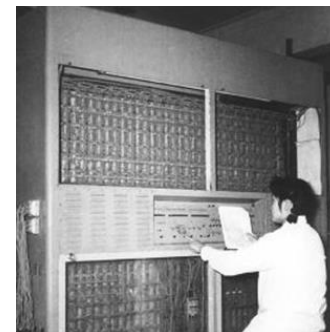
大数据

人工智能

● 我国计算机的发展

电子管计算机

- 以电子管为主要元器件
- 1958年，第一台小型计算机——103机
- 1959年，第一台大型计算机——104机



103机

晶体管计算机

- 以晶体管为主要元器件
- 1965年，109乙机
- 1967年，109丙机



109丙机

集成电路计算机

- 以小规模集成电路为主要元器件
- 以中规模集成电路为主要元器件
- 以大规模集成电路为主要元器件
- 以超大规模集成电路为主要元器件
- 以极大规模集成电路为主要元器件



超级计算机

- 1980 年，铁道部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 建成运行。
- 1993 年 9 月，由国家主干网和各省、市、区的省内网组成的新的公用分组交换网（CHINAPAC）建成，并在北京和上海设有国际出入口。
- 1994 年 4 月 20 日，我国用 64 kbit/s 专线正式连入互联网，我国被国际上正式承认为接入互联网的国家。
- 1994 年 5 月，中国科学院高能物理研究所设立了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。

我国陆续建造了基于互联网技术并能够和互联网互连的多个全国范围的公用计算机网络，其中规模最大的有五个：

1. 中国电信互联网 CHINANET（即原来的中国公用计算机互联网）
2. 中国联通互联网 UNINET
3. 中国移动互联网 CMNET
4. 中国教育和科研计算机网 CERNET
5. 中国科学技术网 CSTNET





- 1980 年，铁道部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 建成运行。
- 1993 年 9 月，由国家主干网和各省、市、区的省内网组成的新的公用分组交换网（CHINAPAC）建成，并在北京和上海设有国际出入口。
- 1994 年 4 月 20 日，我国用 64 kbit/s 专线正式连入互联网，我国被国际上正式承认为接入互联网的国家。
- 1994 年 5 月，中国科学院高能物理研究所设立了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。
- 2004 年 2 月，我国的第一个下一代互联网 CNGI 的主干网 CERNET2 试验网正式开通，并提供服务。试验网以 2.5Gbit/s~10Gbit/s 的速率连接北京、上海和广州三个 CERNET 核心节点，并与国际下一代互联网相连接。
- 2020 年，我国互联网行业在抵御新冠肺炎疫情和疫情常态化防控等方面发挥了积极作用。
- 中国互联网络信息中心（CNNIC，ChiNa Network Information Center）每年两次公布我国互联网的发展情况。



1.3 计算机网络在我国的发展

- **1996年**，张朝阳创立了搜狐网站（Sohu.com）
- **1997年**，丁磊创立了网易公司（NetEase）
- **1998年**，王志东创立了新浪网站（Sina.com）
- **1998年**，马化腾、张志东创立了腾讯公司（Tencent）
- **1999年**，马云于创建了阿里巴巴网站（Alibaba.com）
- **2000年**，李彦宏和徐勇创建了百度网站（baidu.com）
- **2004年**，阿里巴巴集团创立了第三方支付平台（alipay.com）
- **2011年**，腾讯推出了“微信（WeChat）”

... ..

互联网

互联网是目前技术最为成功、应用最为广泛的计算机网络，已成为现代社会最重要的基础设施。



- 互联网，特指 Internet，起源于美国，是由数量极大的各种计算机网络互连起来而形成的一个互连网络，采用 **TCP/IP 协议族** 作为通信规则，是一个覆盖全球、实现全球范围内连通性和资源共享的计算机网络。



互联网与互连网

互联网 (Internet)	互连网 (internet)
相同点	
网络的网络	网络的网络
不同点	
是一个专用名词	是一个通用名词
特指遵循TCP/IP标准、利用路由器将各种计算机网络相互连接起来而形成的、覆盖全球的、开放的、特定的互联网络，其前身是美国的ARPANET	泛指由多个计算机网络相互连接而成的覆盖范围更大的网络
使用 TCP/IP	使用TCP/IP或其他协议

互联网基础结构的演进

第一阶段：从单个网络ARPANET向互联网发展的过程。

- 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联网相互通信。
- 把 1983 年作为互联网的诞生元年。
- ARPANET分成了两部分
 - 一部分军用，称为MILNET，指定给美国的机密军事部门使用，传送军事数据；
 - 另一部分仍称为ARPANET，供民用。



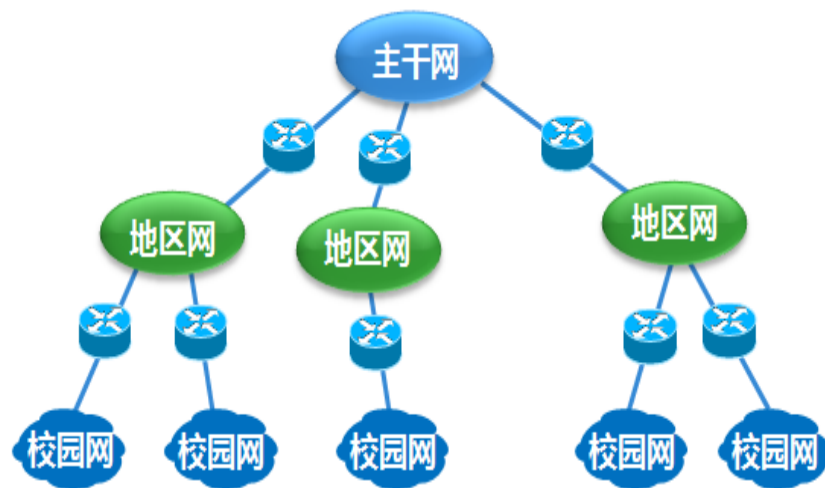
互联网基础结构的三演进

第二阶段：建成了三级结构的互联网。

- 1988年，美国国家科学基金会（NSF）建立了国家科学基金网（NSFNET），是一个三级计算机网络，分为主干网、地区网和校园网（或企业网），替代ARPANET成为Internet的骨干网。
- 1990年，ARPANET 正式宣布关闭。

六个大型计算机中心：

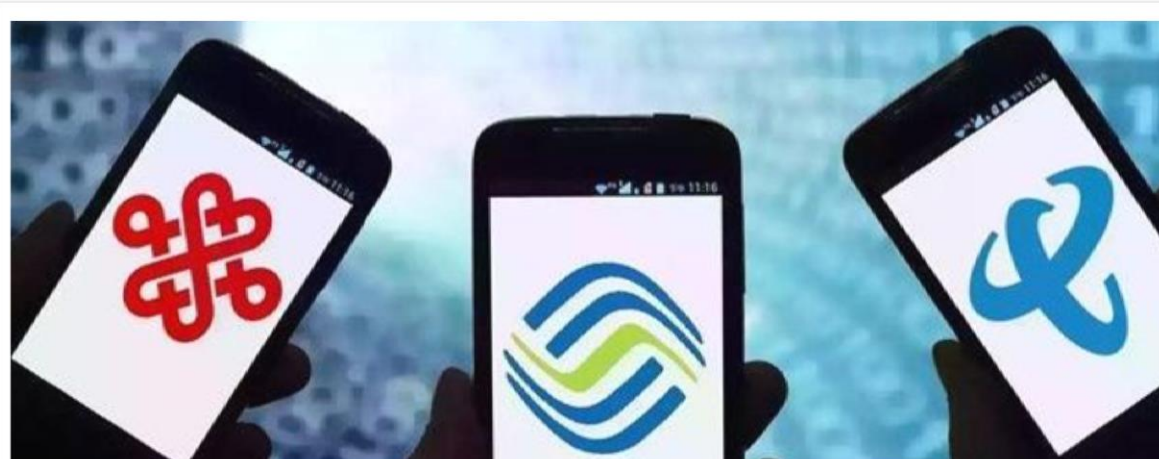
1. 位于新泽西州普林斯顿的国家超级计算机中心
2. 位于加州大学的圣地亚哥超级计算机中心
3. 位于伊利诺斯大学的美国国立超级计算应用中心
4. 位于康奈尔大学的康奈尔国家超级计算机研究室
5. 由西屋电气公司、卡内基·梅隆大学和匹兹堡大学联合运作的匹兹堡超级计算机中心
6. 位于科罗拉多的美国国立大气研究中心的科学计算分部。



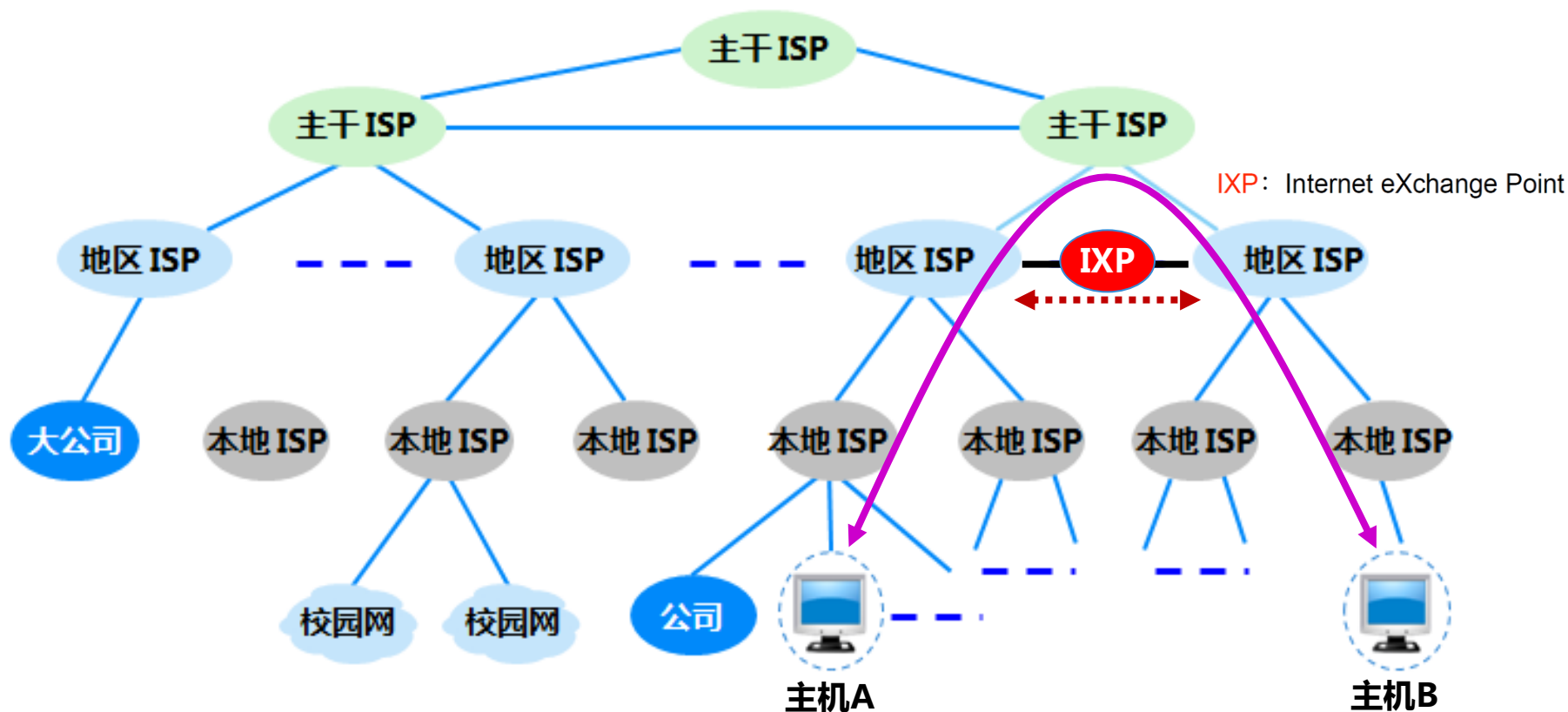
互联网基础结构的演进

第三阶段：逐渐形成了多层次 ISP 结构的互联网。

- 从1993年开始，由美国政府资助的NSFNET逐渐被若干个商用的互联网主干网替代，并于1995年4月30日正式宣布停止运作。
- 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**。



具有三层ISP结构的互联网概念示意图



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

使用IXP可以使互联网上的数据流量分布更加合理，同时也减少了分组转发的延迟时间，降低了分组转发的费用。

互联网的组成

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



互联网的组成——核心部分

- 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和其他主机通信（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**。



电路交换

1.



2.

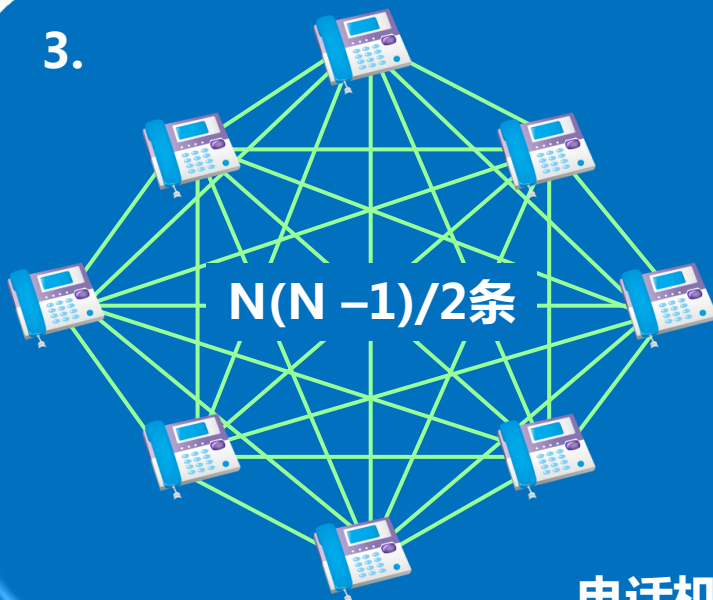


电话机的不同连接方法

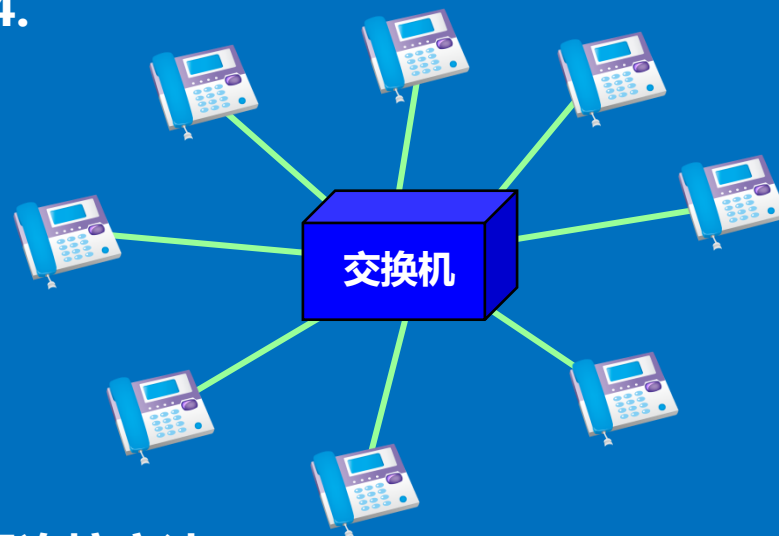
N 部电话机两两直接相连，需 $N(N - 1)/2$ 对电线。这种直接连接方法所需要的电线对的数量与电话机数量的平方（ N^2 ）成正比。

电路交换

3.



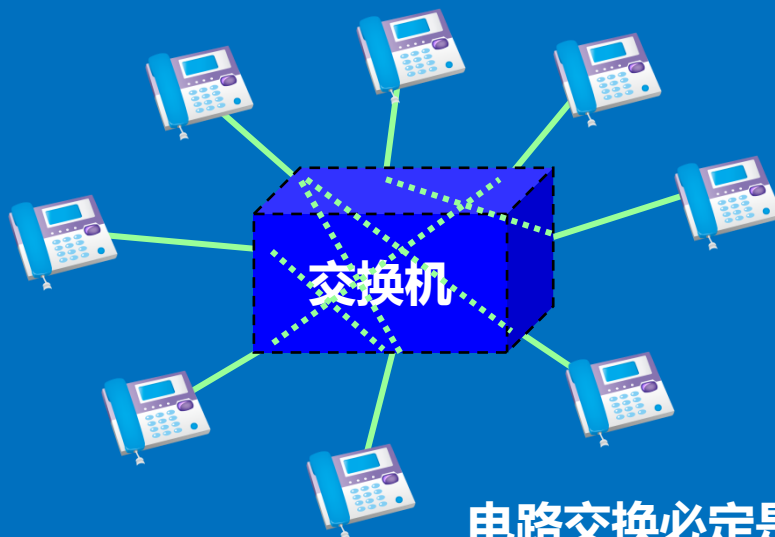
4.



电话机的不同连接方法

- 每一部电话都直接连接到交换机上，而交换机使用交换的方法让电话用户彼此之间可以很方便地通信，所采用的交换方式就是**电路交换** (circuit switching)。

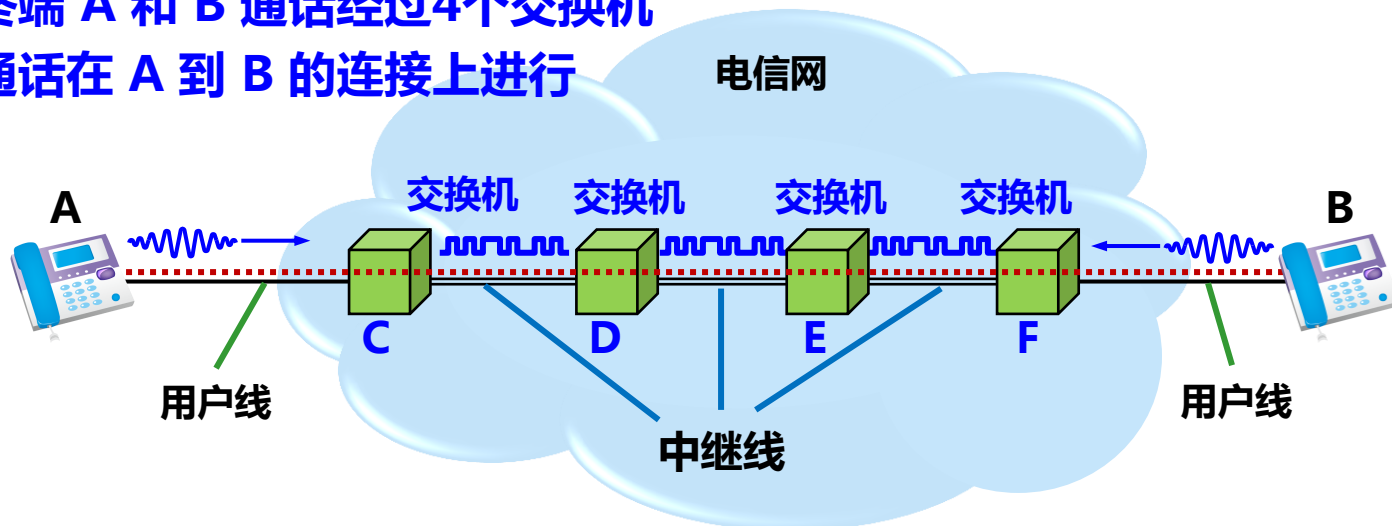
电路交换



- 交换” (switching)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。

电路交换

- 终端 A 和 B 通话经过4个交换机
- 通话在 A 到 B 的连接上进行



电路交换的用户始终占用端到端的通信资源

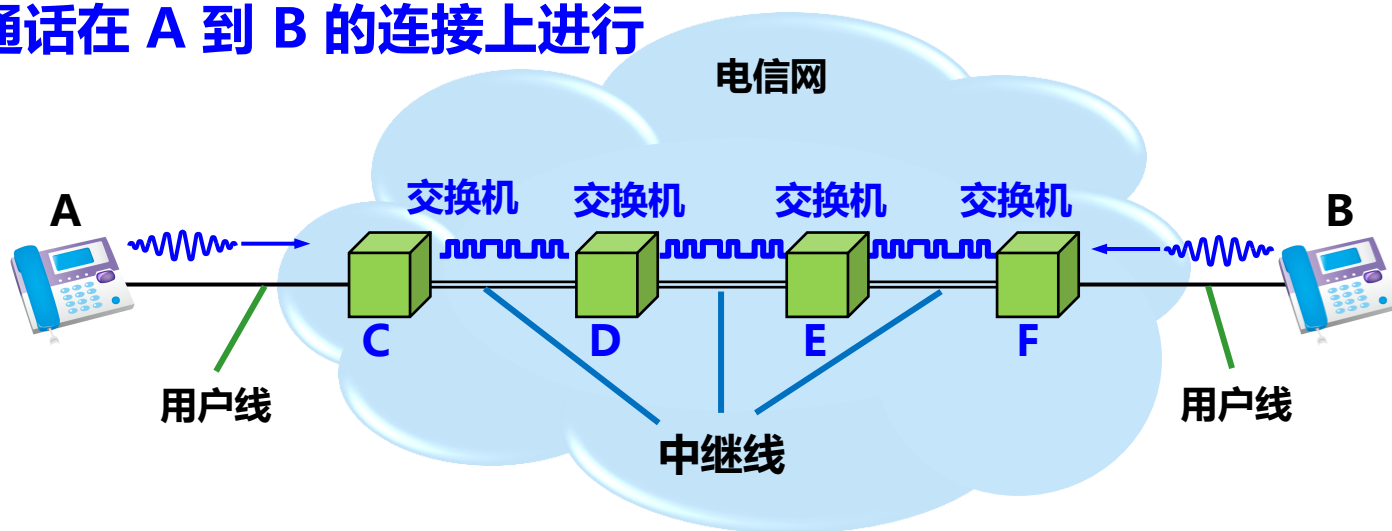
电路交换分为三个阶段：

1. **建立电路（连接）**：建立一条专用的物理通路，以保证双方通话时所需的通信资源在通信时不会被其他用户占用；
2. **传输数据（通信）**：主叫和被叫双方就能互相通电话；
3. **拆除电路（释放连接）**：释放刚才使用的这条专用的物理通路（释放刚才占用的所有通信资源）。



电路交换

- 终端 A 和 B 通话经过4个交换机
- 通话在 A 到 B 的连接上进行



电路交换的用户始终占用端到端的通信资源

采用电路交换存在的问题：

- 计算机数据具有突发性, 这导致在传送计算机数据时, 通信线路的利用率很低 (用来传送数据的时间往往不到 10% 甚至不到 1%)。

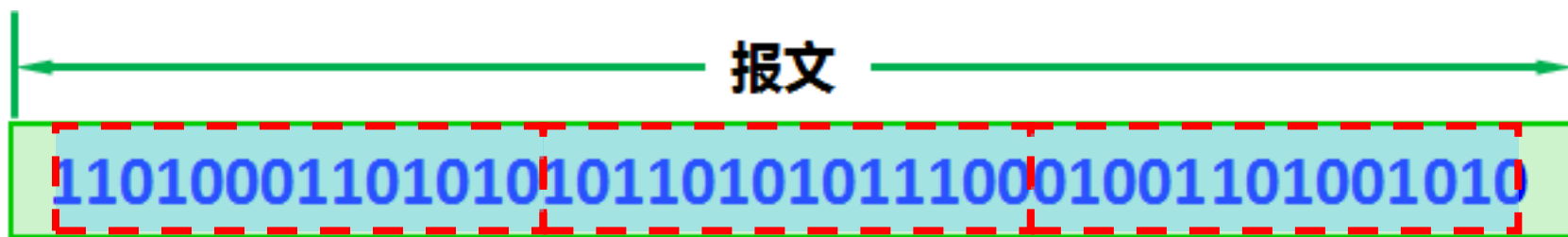


电路交换

优点	具体描述
时延小	由于通信线路为通信双方用户专用，数据直达，所以传输数据的时延非常小。
时间性强	通信双方之间的物理通路一旦建立，双方可以随时通信，实时性强。
无失序	双方通信时按发送顺序传送数据，不存在失序问题。
使用面广	电路交换既适用于传输模拟信号，也适用于传输数字信号。
控制简单	电路交换的交换设备（交换机等）及控制均较简单。
缺点	具体描述
信道利用低	电路交换连接建立后，物理通路被通信双方独占，即使通信线路空闲，也不能供其他用户使用， 不适合计算机通信（突发性），因而信道利用低。
终端要求	电路交换时，数据直达，不同类型、不同规格、不同速率的终端很难相互进行通信。

分组交换

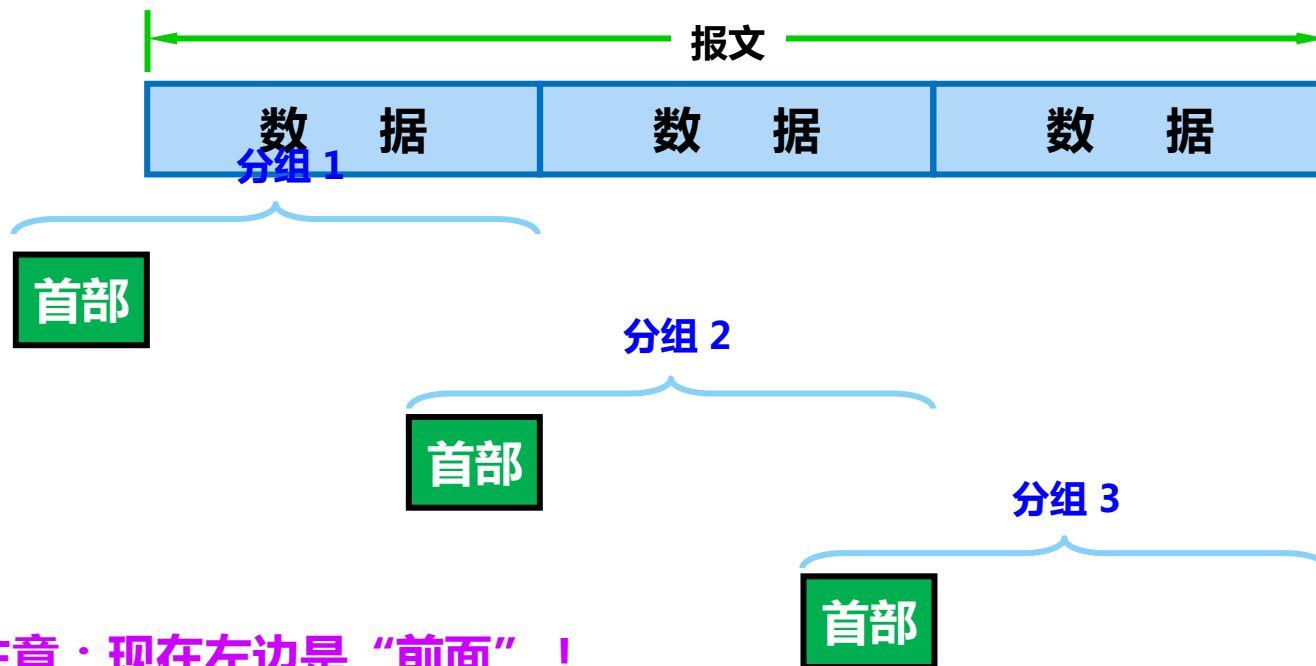
- 分组交换则采用**存储-转发**技术。
- 在发送端，先把较长的报文**划分成较短的、固定长度的数据段**。



假设这个报文较长不便于传输

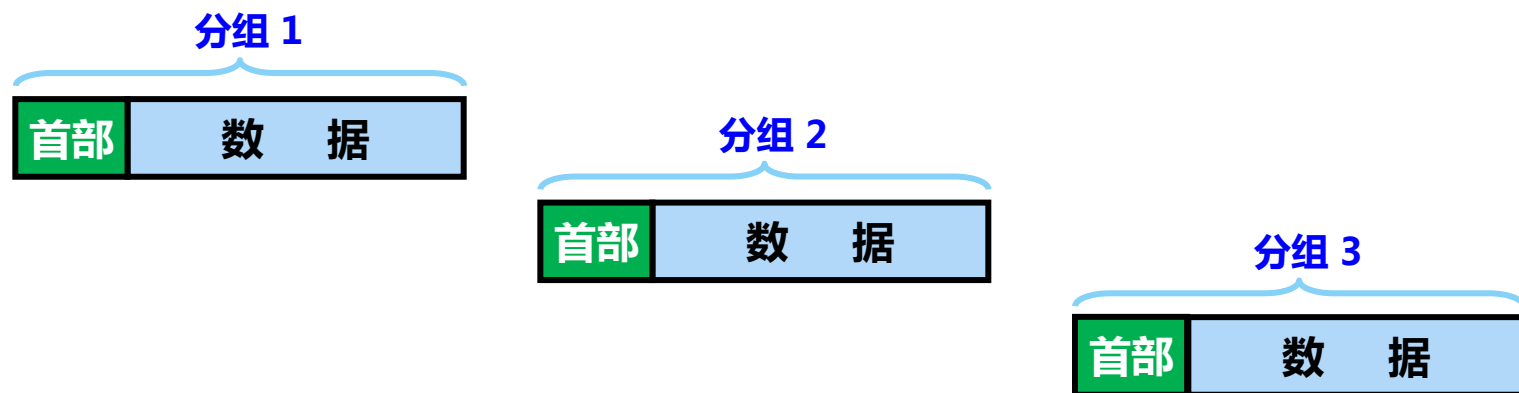
分组交换--构建分组

- 每一个数据段前面添加上首部构成分组 (packet)。
- 每一个分组的首部都含有地址（如目的地址和源地址）等控制信息。



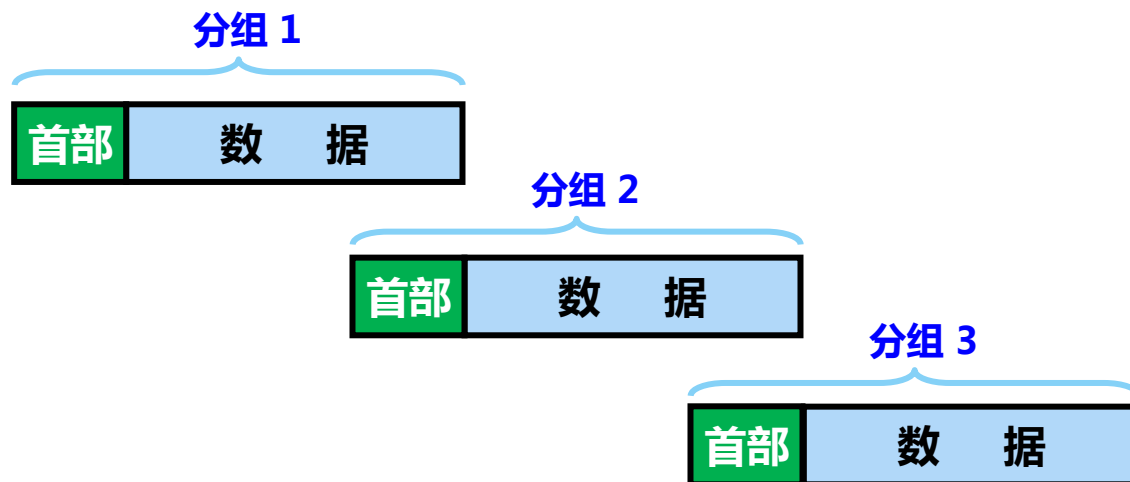
分组交换--传输单元

- 分组交换网以“**分组**”作为数据传输单元在网络中进行传送。
- **依次**把各分组发送到接收端（假设接收端在左边）。
- 分组交换网中的结点交换机根据收到的分组首部中的**地址信息**，把分组**转发**到下一个结点交换机。
- 每个分组在互联网中**独立地选择传输路径**。
- 用**存储-转发**方式，最后分组就能到达**最终目的地**。



分组交换--去掉首部

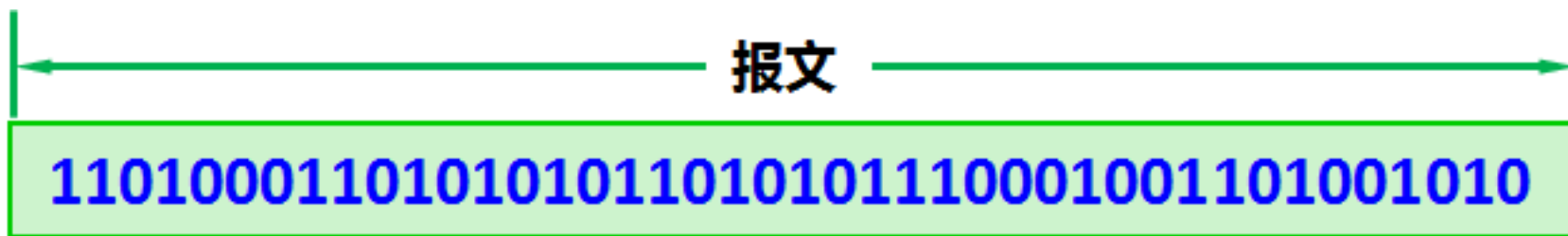
- 接收端收到分组后**去掉**首部还原成报文。



收到的数据

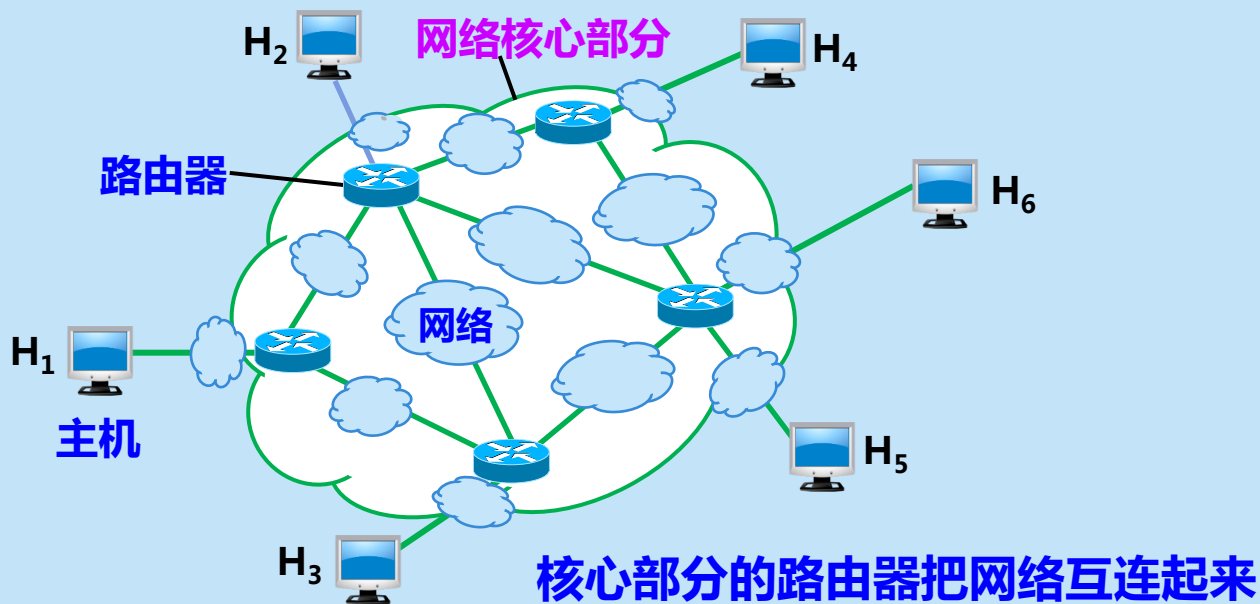
分组交换--还原报文

- 最后，在接收端把收到的数据恢复成为原来的报文。



注意：这里假设分组在传输过程中没有出现差错，在转发时也没有被丢弃！

分组交换网示意图



分组交换网示意图

