



第6章 网络互连技术

宁天桥

15820291950 / 661950

qq号: 930611

ntq@gcu.edu.cn

办公室: 行政楼 812

机器人工程学院
网络与通信技术



本章学习要求:

- ◆ **掌握：网络互连的基本概念**
- ◆ **掌握：数据链路层互联与网桥**
- ◆ **掌握：网络层互联与路由器**
- ◆ **了解：高层互联与网关**



6.1 网络互连的概念



网络互连的定义

- ◆ **网络互连 (Internetworking) 是指将分布在不同地理位置的网络相连, 构成更大规模的互连网络, 实现互连网络中的数据通信, 资源共享和协同工作。**
- ◆ **互连网络可以是相同或不同类型, 互连设备可以运行相同或不同协议。**
- ◆ **互连网络的资源共享与物理网络结构无关。互连网络屏蔽各个网络在协议、服务与管理上的差异。**
- ◆ **互连网络的结构对用户透明。**



6.1.1 网络互连的功能

- ◆ **基本功能：**网络互连所需的功能，包括不同网络之间传送数据时的寻址与路由功能选择等功能。
- ◆ **扩展功能：**互连的网络提供不同的服务类型时所需的功能，包括协议转换、分组长度变换、分组排序及差错检测等功能。



不同类型网络的特点

- ◆ 每种网络有不同的命名、编址方法，以提供全局的网络编址方法。
- ◆ 每种网络有不同的分组长度规定，分组在网络之间传输时可能需要分片。
- ◆ 每种网络都有不同的访问控制机制，以管理用户对网络资源的访问权限。
- ◆ 每种网络有自己的路径选择机制，互连网络负责不同网络之间的路由选择。
- ◆ 每种网络可能提供面向连接或无连接服务，互连网络不依赖原来网络所提供服务的。



6.1.2 网络互连的分类

◆ 局域网-局域网互连

- 同种局域网互连：相同协议的局域网之间的互连；主要采用的设备有中继器、集线器、网桥、交换机等。
- 异型局域网互连：不同协议的局域网之间的互连；

◆ 局域网-广域网

- 互连设备是路由器或网关

◆ 局域网-广域网-局域网互连

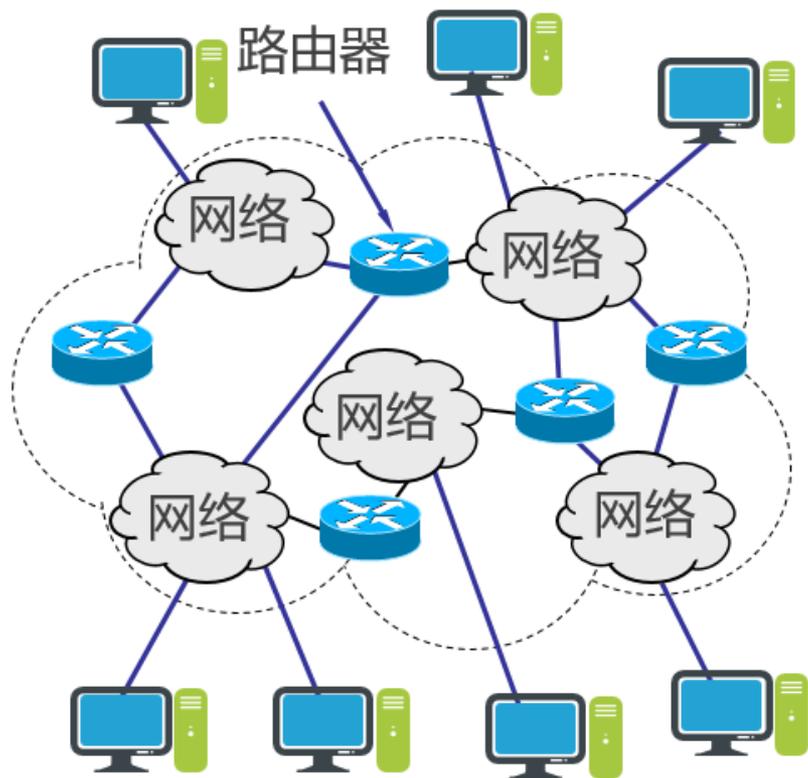
- 互连设备是路由器或网关

◆ 广域网-广域网

- 互连设备是路由器或网关



互连网络与虚拟互连网络



(a) 互连网络



(b) 虚拟互连网络

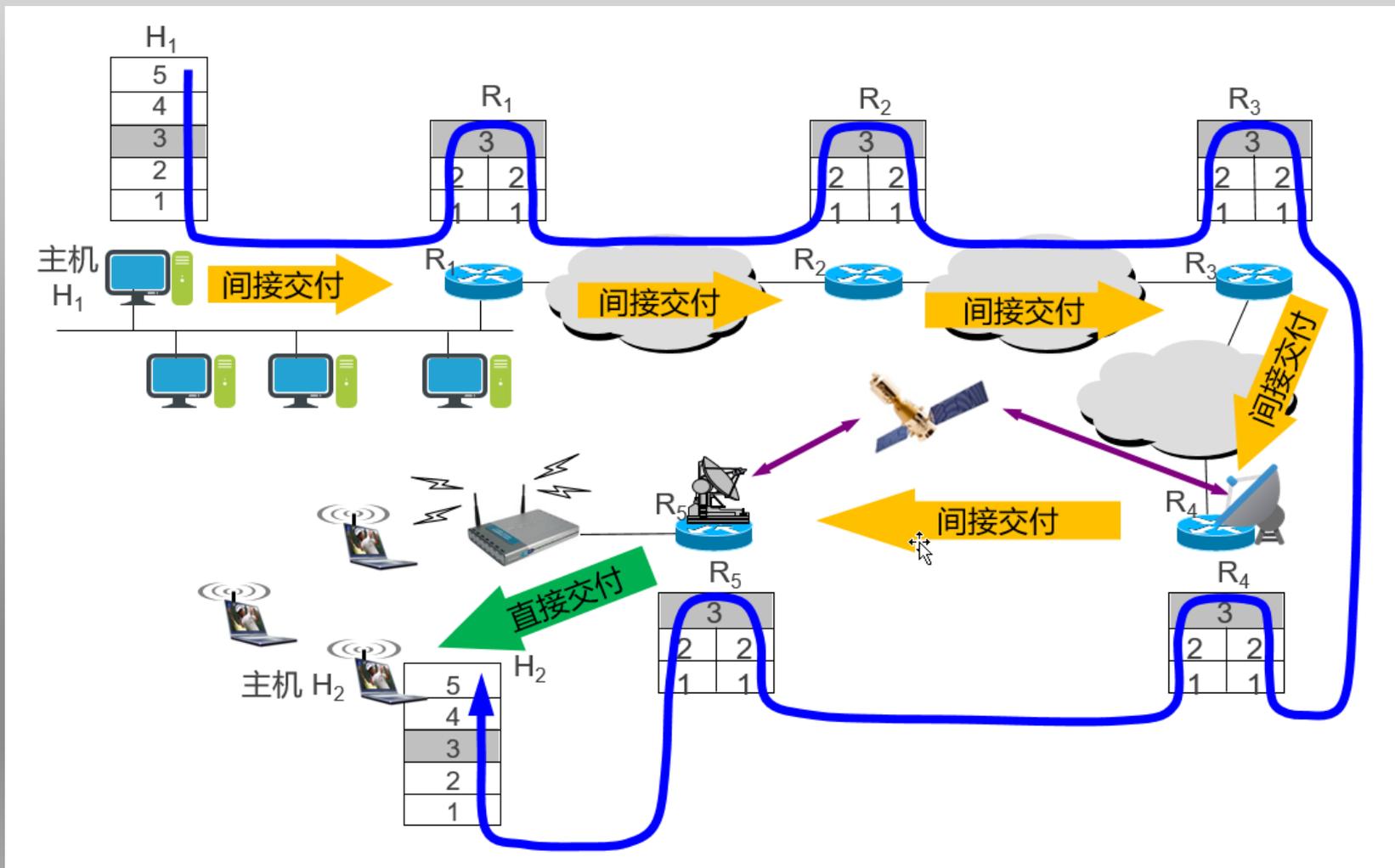


虚拟互连网络的意义

- ◆ 所谓虚拟互连网络也就是逻辑互连网络，它的意思就是互连起来的各种物理网络的异构性本来是客观存在的，但是我们利用 IP 协议就可以使这些性能各异的网络从用户看起来好像是一个统一的网络。
- ◆ 使用 IP 协议的虚拟互连网络可简称为 IP 网。
- ◆ 使用虚拟互连网络的好处是：当互联网上的主机进行通信时，就好像在一个网络上通信一样，而看不见互连的各具体的网络异构细节。



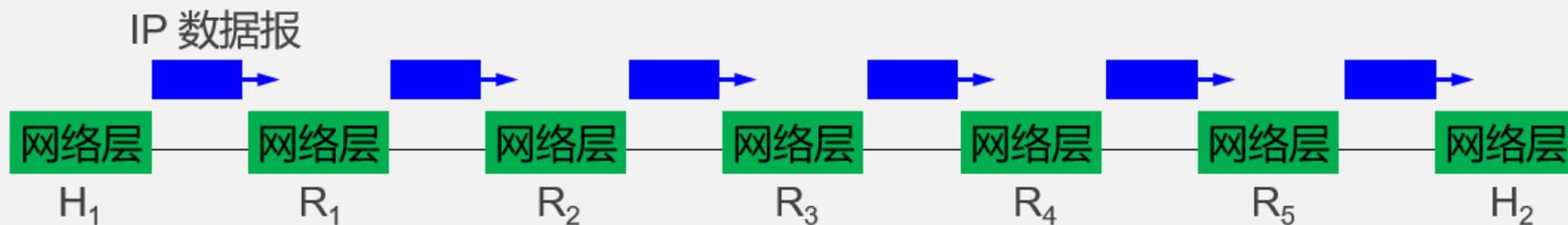
数据报在互联网中的传送





从网络层看 IP 数据报的传送

如果我们只从网络层考虑问题，那么 IP 数据报就可以想象是在网络层中传送。





6.1.3 网络互连的层次

- ◆ **数据链路层互连**：数据链路层协议不同的网络之间的互连，数据链路层互连设备是网桥（Bridge），二层交换机。
- ◆ **网络层互连**：网络层协议不同的网络之间的互连，网络层互连设备是路由器（Router）。
- ◆ **高层互连**：传输层及以上各层协议不同的网络之间的互连，高层互连的设备是网关（Gateway，各种类型的应用层网关，实际应用中的网关产品往往集成了大量的底层功能）。

网络互相连接要使用的中间设备

中间设备又称为中间系统或中继(relay)系统。

物理层中继系统: **01** ●
转发器(repeater)



● **02** 数据链路层中继系统:
网桥或桥接器(bridge)

网络层中继系统: **03** ●
路由器(router)

● **04** 网络层以上的中继系统:
网关(gateway)。

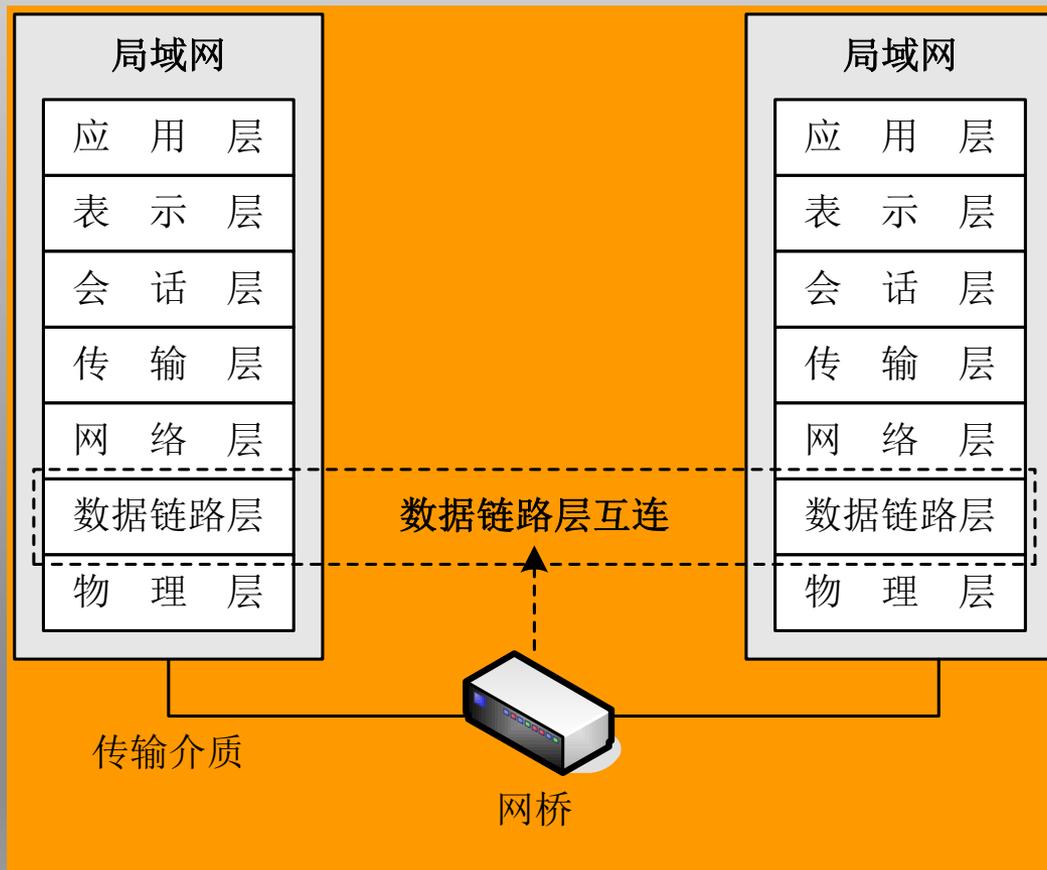


几个重要的概念

- ◆ **互连 (Interconnection) :** 两个物理网络之间至少有一条在用的物理线路, 但仍不能保证两个网络一定能交换数据, 取决于两个网络的通信协议是否兼容。
- ◆ **互通 (Intercommunication) :** 两个网络之间可交换数据。
- ◆ **互操作 (Interoperability) :** 不同网络系统之间具有透明访问对方资源的能力。
- ◆ **互连是网络互连的基础, 互通是网络互连的手段, 互操作是网络互连的目的。**

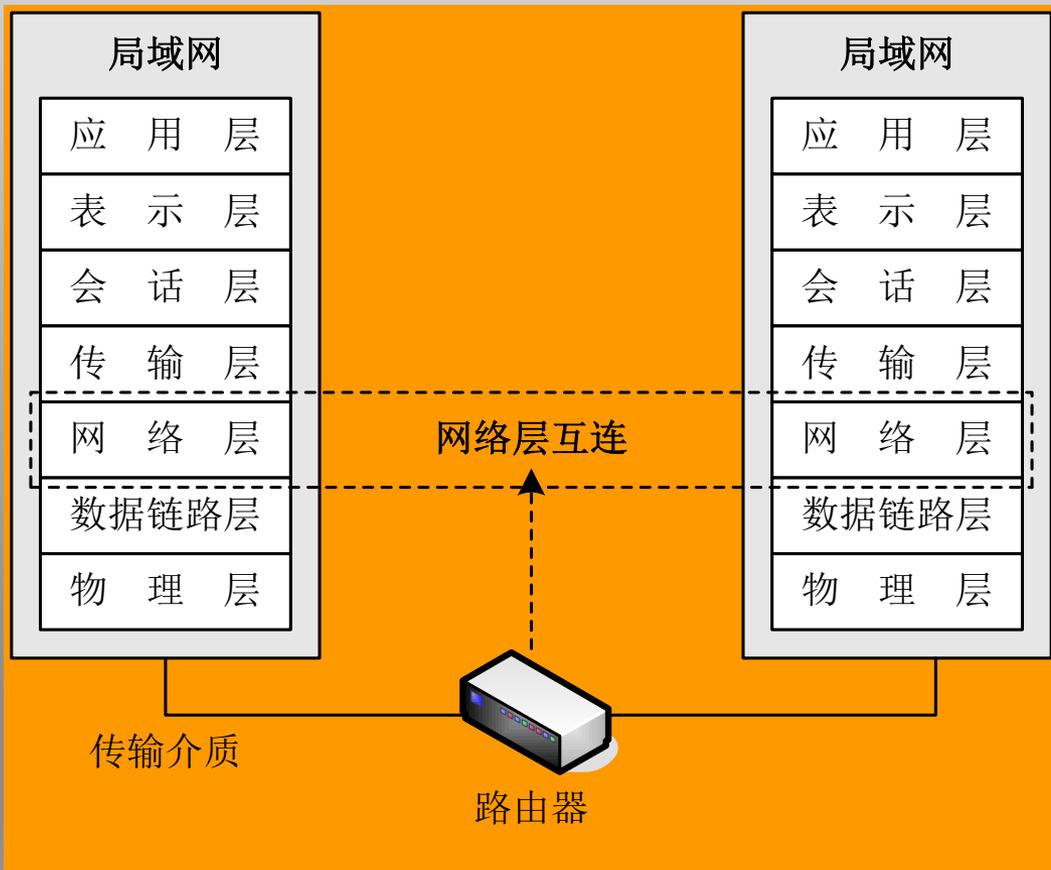


数据链路层互连的结构



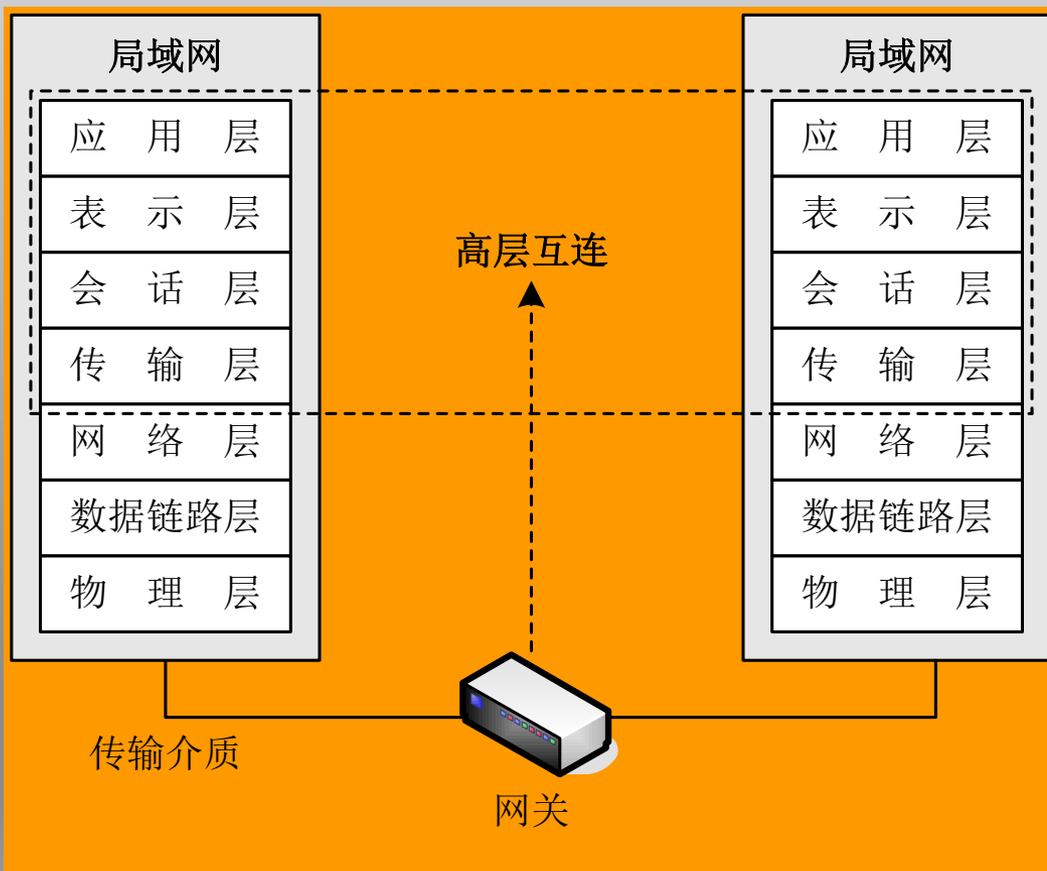


网络层互连的结构





高层互连的结构





6.2 数据链路层互连设备



6.2.1 网桥的概念

- ◆ 网桥（Bridge）在数据链路层上实现局域网互连。
- ◆ 网桥能互连两个采用不同数据链路层协议、不同传输介质与不同传输速率的网络。
- ◆ 网桥以接收、存储、地址过滤与转发的方式实现互连的网络之间的通信。
- ◆ 网桥互连的网络在数据链路层以上采用相同协议。
- ◆ 网桥可分隔两个网络之间的广播通信量，有利于改善互连网络的性能与安全性。

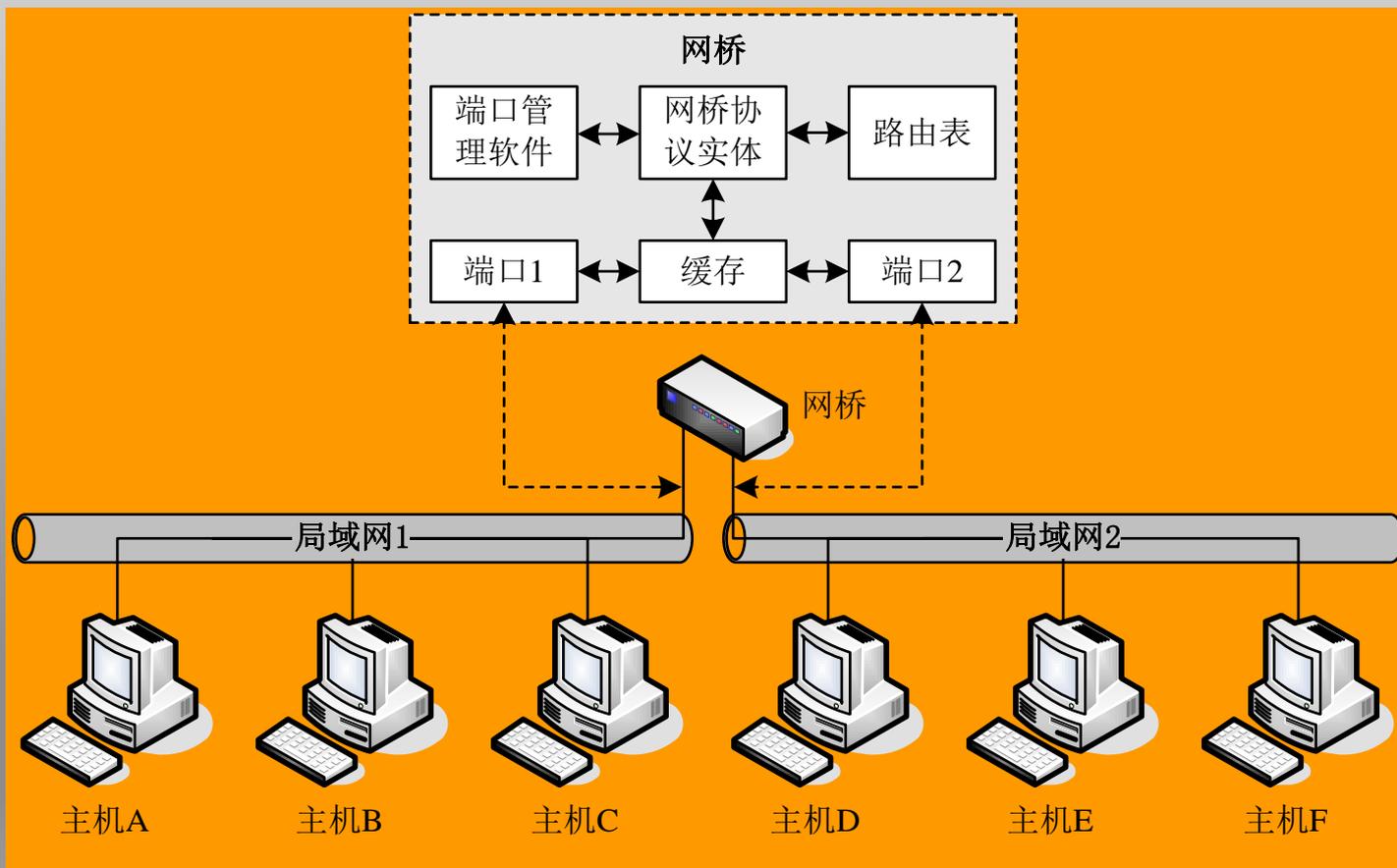


网桥的应用环境

- ◆ 一个单位的多个部门局域网的互连。
- ◆ 办公楼之间局域网的互连。
- ◆ 将数千台计算机按地理位置或组织关系划分为多个子网的互连。
- ◆ 超过单个局域网的最大覆盖范围的多个局域网互连。
- ◆ 企业中部门的信息对安全、保密方面要求不同的局域网互连。



网桥的工作原理





网桥的主要特点

- ◆ 网桥能互连两个采用不同数据链路层协议、传输介质与传输速率的网络。
- ◆ 网桥以接收、转发与地址过滤的方式实现互连网络之间的通信。
- ◆ 网桥可以分隔两个网络之间的广播通信量，有利于改善各个网络的性能与安全性。



6.2.2 网桥的分类

- ◆ 根据网桥的帧转发策略，可分为透明网桥与源路由网桥。
- ◆ 根据网桥的端口数，可分为双端口网桥与多端口网桥。
- ◆ 根据网桥的连接线路，可分为普通网桥、无线网桥与远程网桥。



透明网桥

- ◆ 透明网桥 (Transparent Bridge) 标准是IEEE802.1d。
- ◆ 透明网桥由每个网桥自己进行路由选择，局域网中的结点不负责路由选择，网桥对于互连局域网的各结点透明。
- ◆ 透明网桥用于MAC层协议相同的网段之间互连，例如连接两个以太网或两个令牌环网。



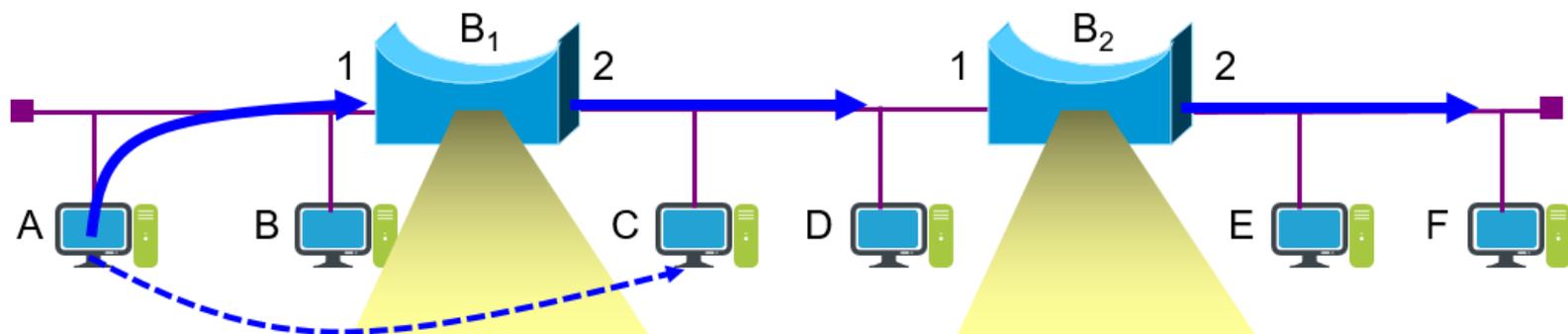
网桥使用自学习算法处理收到的帧和建立转发表

- ◆ 若从 A 发出的帧从接口 x 进入了某网桥，那么从这个接口出发沿相反方向一定可把一个帧传送到 A。
- ◆ 网桥每收到一个帧，就记下其源地址和进入网桥的接口，作为转发表中的一个项目。
- ◆ 在建立转发表时是把帧首部中的源地址写在“地址”这一栏的下面。
- ◆ 在转发帧时，则是根据收到的帧首部中的目的地址来转发的。这时就把在“地址”栏下面已经记下的源地址当作目的地址，而把记下的进入接口当作转发接口。



网桥自学习转发表

当网桥找不到目的地址所在接口时向所有其他接口转发!



A → C

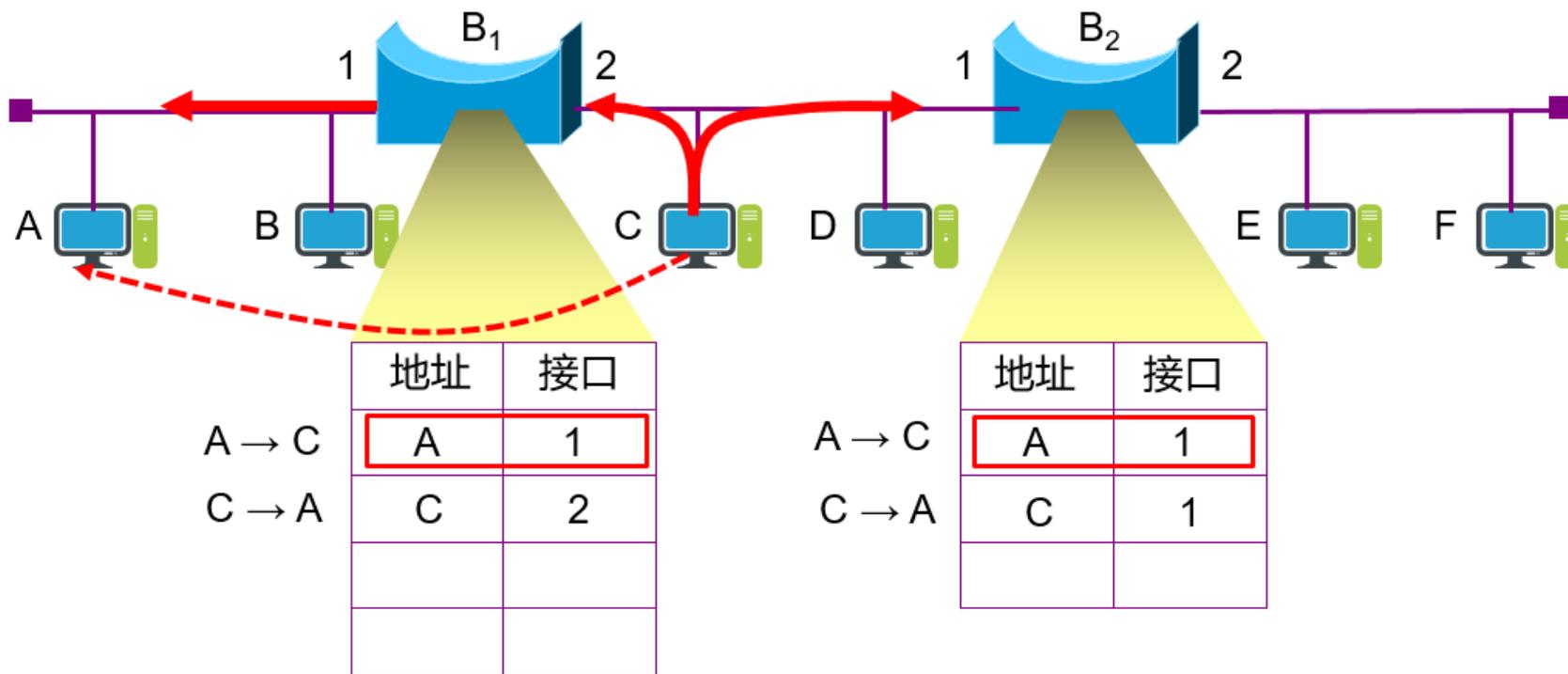
地址	接口
A	1

A → C

地址	接口
A	1

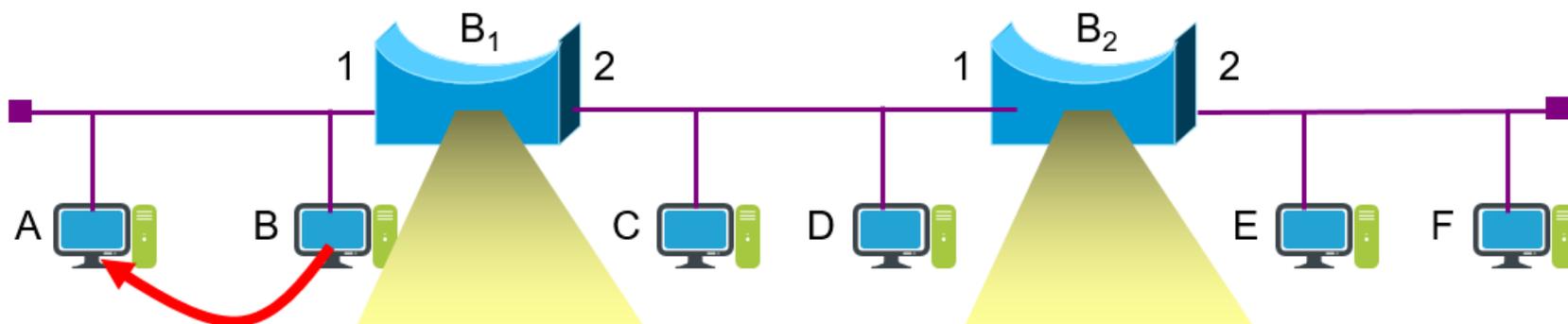


网桥自学习转发表



网桥自学习转发表

通过接收帧的源地址及接收接口
学习站点和接口的对应关系！



	地址	接口
A → C	A	1
C → A	C	2
B → A	B	1

	地址	接口
A → C	A	1
C → A	C	1



网桥在转发表中登记以下三个信息

- ◆ 在网桥的转发表中写入的信息除了**地址**和**接口**外，还有帧进入该网桥的**时间**。
- ◆ 这是因为以太网的拓扑可能经常会发生变化，站点也可能会更换适配器（这就改变了站点的地址）。另外，以太网上的工作站并非总是接通电源的。
- ◆ 把每个帧到达网桥的时间登记下来，就可以在转发表中只保留网络拓扑的**最新状态信息**。这样就使得网桥中的转发表能反映当前网络的最新拓扑状态。



网桥的自学习和转发帧的步骤归纳

◆ 网桥收到一帧后先进行自学习。

- 查找转发表中与收到帧的源地址有无相匹配的项目。如没有，就在转发表中增加一个项目（源地址、进入的接口和时间）。如有，则把原有的项目进行更新。

◆ 转发帧。查找转发表中与收到帧的目的地址有无相匹配的项目。

- 如没有，则通过所有其他接口（但进入网桥的接口除外）进行转发。
- 如有，则按转发表中给出的接口进行转发。
- 若转发表中给出的接口就是该帧进入网桥的接口，则应丢弃这个帧（因为这时不需要经过网桥进行转发）。



源路由网桥

- ◆ **源路由网桥 (Source Routing Bridge) 标准是IEEE 802.5d。**
- ◆ **源路由网桥由发送帧的源结点负责路由选择。源路由网桥假定每个结点在发送帧时，已清楚到达目的结点的路由。**
- ◆ **问题的关键是源结点如何知道应该选择的路由。为了发现适合的路由，源结点以广播方式向目的结点发送用于探测的发现帧。**

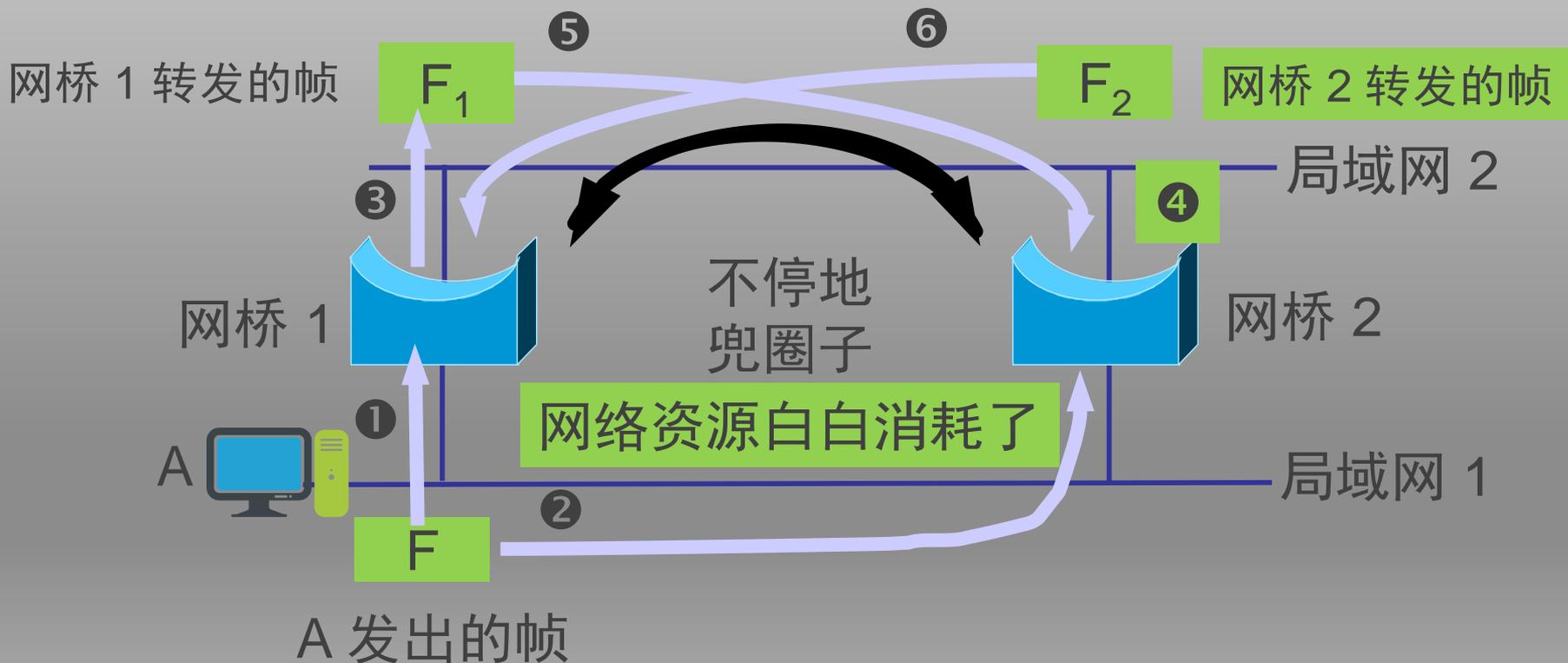


6.2.3 生成树的概念

- ◆ 环状结构可能使网桥反复转发同一帧，从而增加网络中不必要的负荷。为了防止出现这种现象，透明网桥使用生成树（Spanning Tree）算法。
- ◆ 生成树协议可从网络拓扑中清除数据链路层的环路。IEEE802.1d标准规定STP协议，它能阻断网络中存在的冗余链路，以消除路径中的环路，并在活动路径出现故障时，重新激活冗余链路来恢复网络的连通性，保证网络的正常工作。

若帧F的目的地不在网桥1和2的转发表中，帧F会在网络中不断地兜圈子

生成树协议用于避免这种反复转发兜圈子的情况！





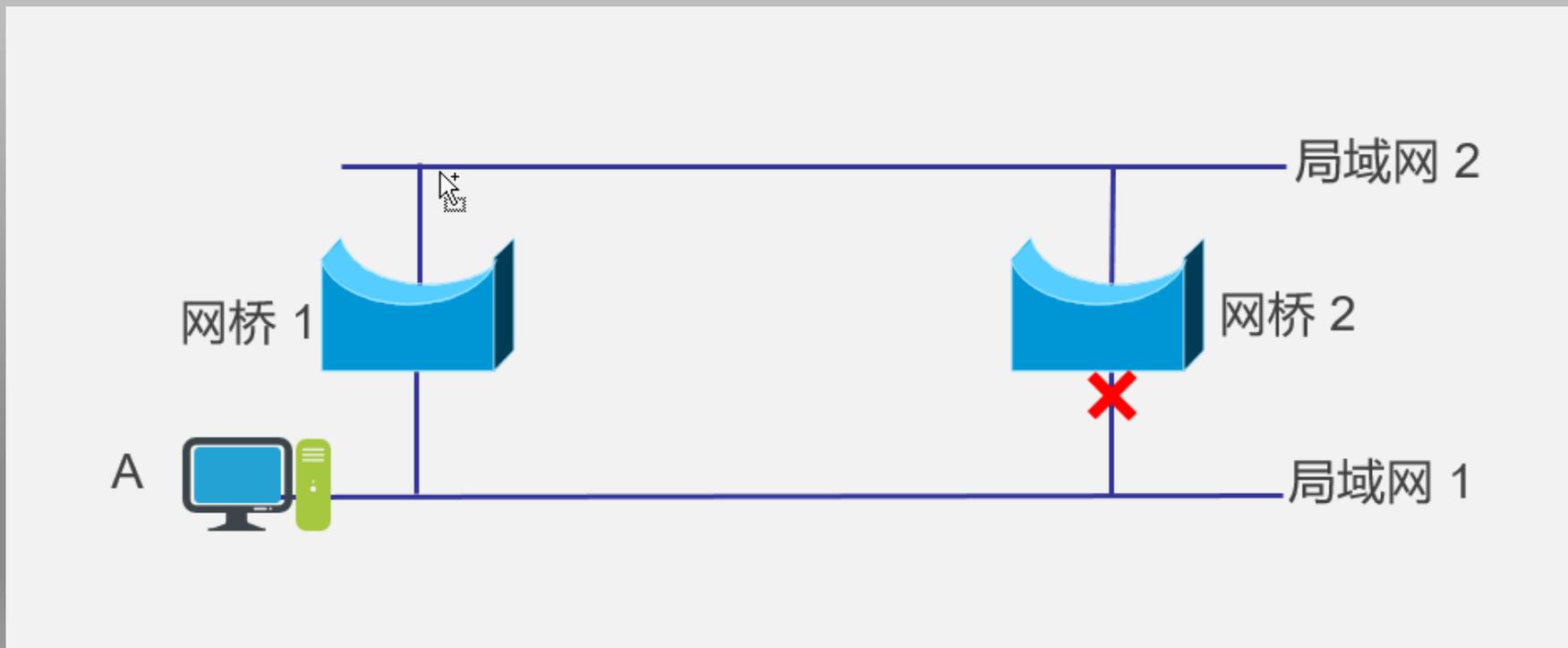
生成树的生成

- ◆ 互连在一起的网桥在进行彼此通信后，就能找出原来的网络拓扑的一个子集。在这个子集里，整个连通的网络中不存在回路，即在**任何两个站之间只有一条路径**。
- ◆ 网桥会**关闭不在生成树上的那些接口**，以确保不存在环路。
- ◆ 为了得出能够反映网络拓扑发生变化时的生成树，在生成树上的根网桥每隔一段时间还要对生成树的**拓扑进行更新**。

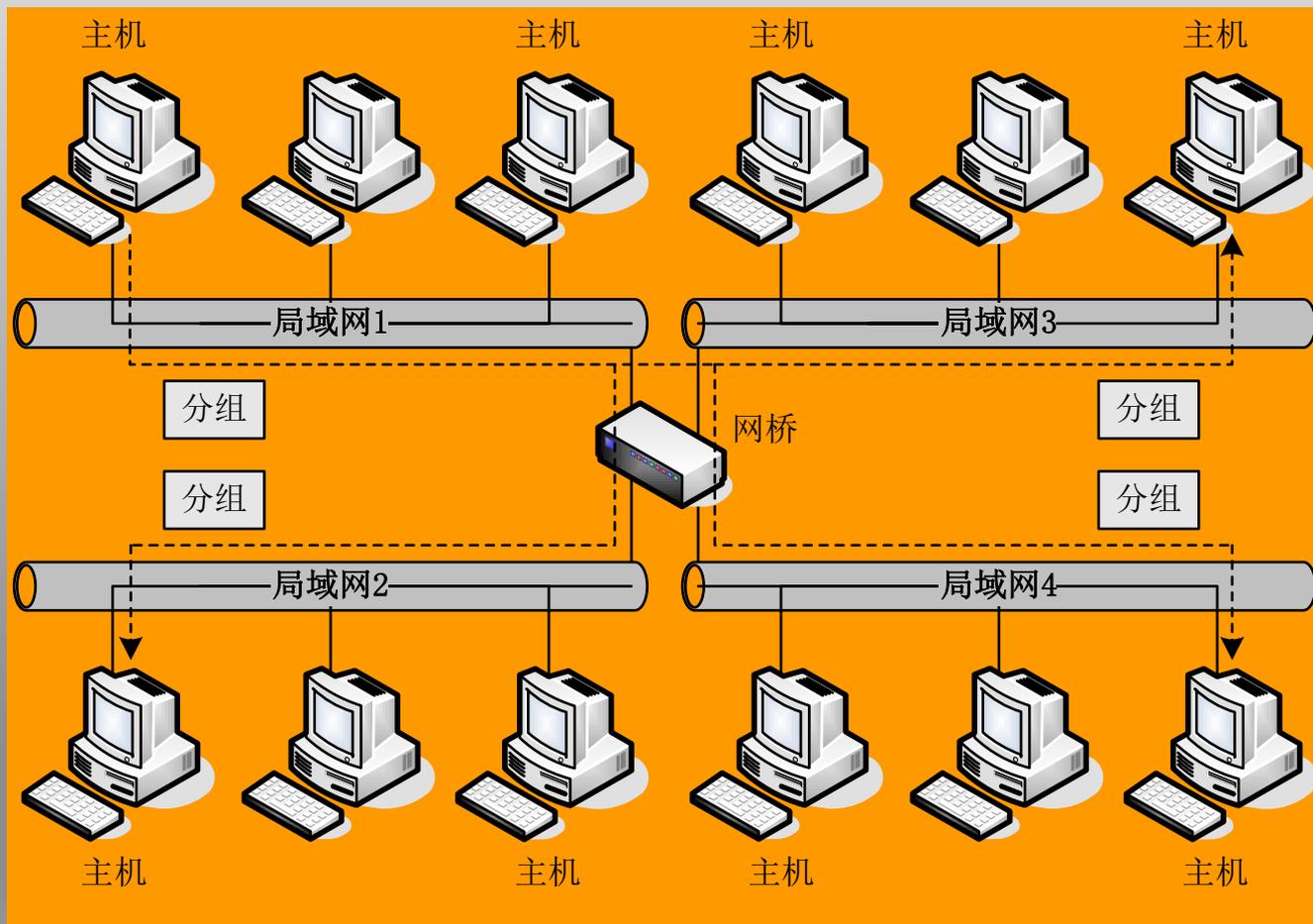


网桥自动断开环路

网桥会关闭不在生成树上的那些接口，以确保不存在环路。



6.2.4 网桥存在的问题





使用网桥带来的缺点

- ◆ 存储转发增加了时延。
- ◆ 在MAC子层并没有流量控制功能。
- ◆ 具有不同MAC子层的网段桥接在一起时时延更大。
- ◆ 网桥只适合于用户数不太多(不超过几百个)和通信量不太大的局域网, 否则有时还会因传播过多的广播信息而产生网络拥塞。这就是所谓的广播风暴。



6.3 网络层互连设备

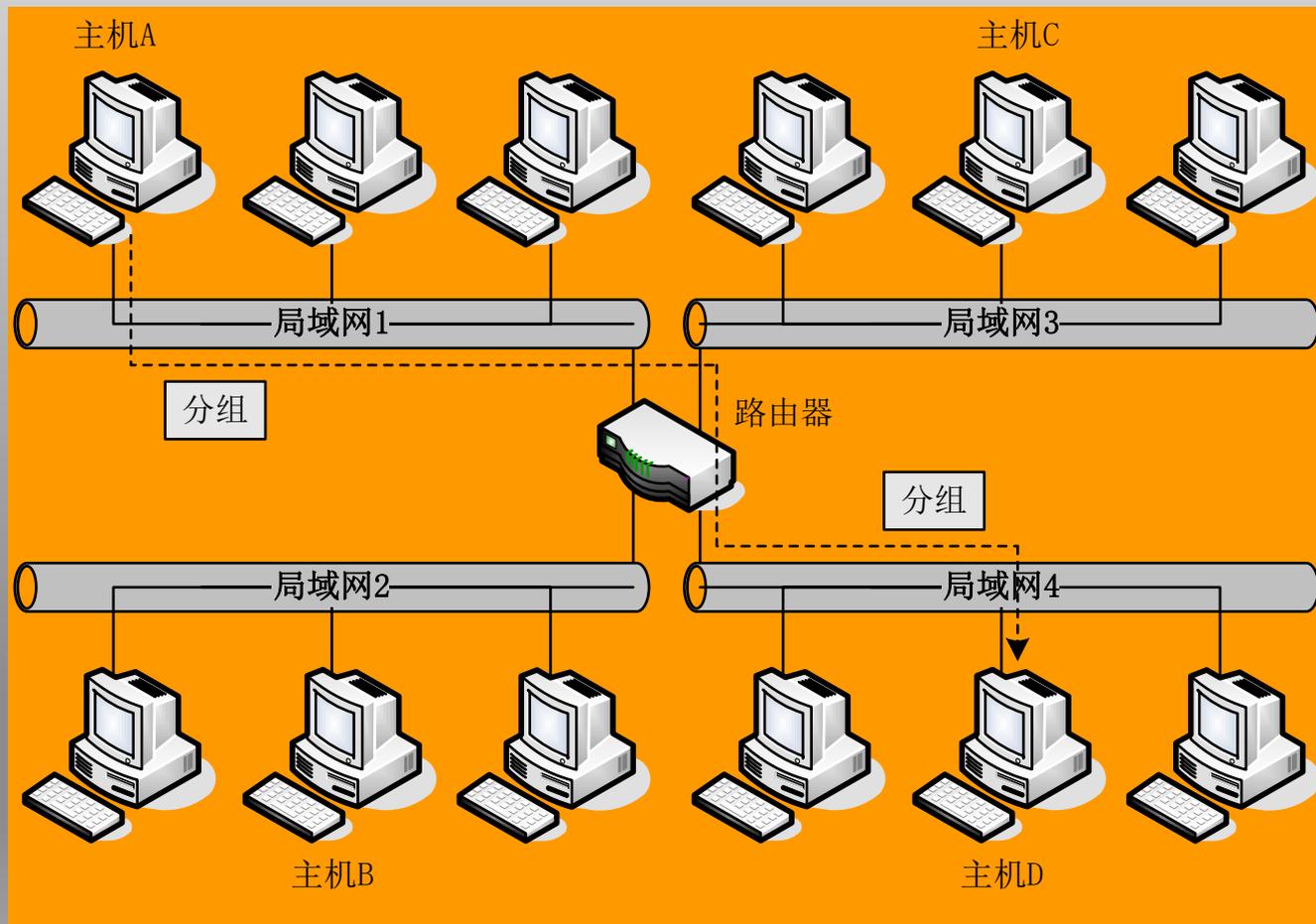


6.3.1 路由器的概念

- ◆ 路由器 (Router) 在网络层上实现网络互连。
- ◆ 局域网的数据链路层与物理层可以不同，但数据链路层以上各层要采用相同协议。
- ◆ 路由器可有效隔离多个局域网的广播通信量，每个局域网都是独立的子网。

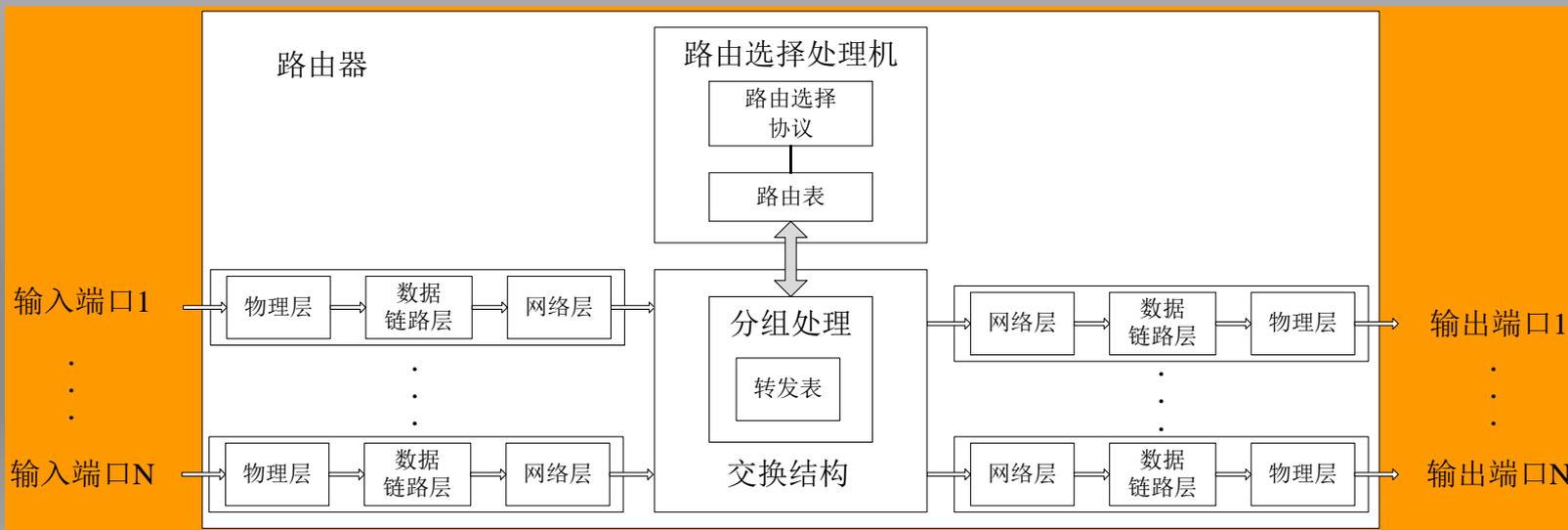


路由器的工作原理



典型的路由器结构

- ◆ 路由器是一种具有多个输入端口和多个输出端口，完成分组转发功能的专用计算机系统。
- ◆ 路由器由两部分组成：路由选择处理机、分组处理与交换部分。





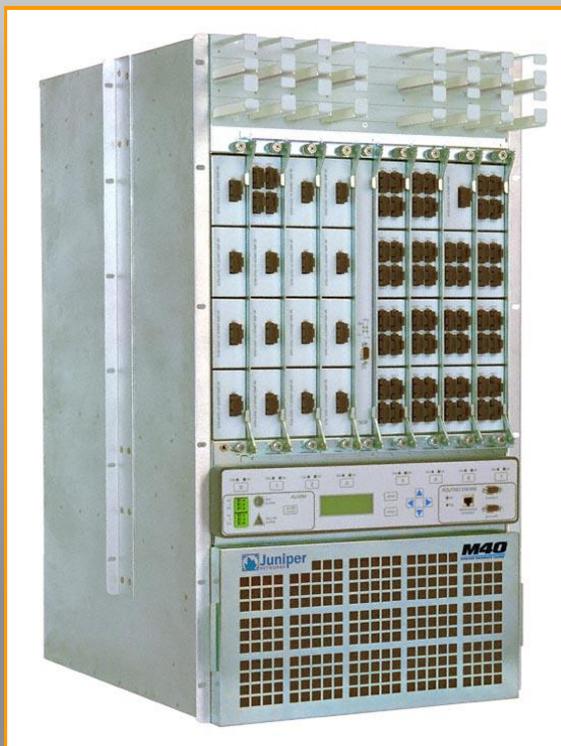
6.3.2 路由器的分类

- ◆ 按路由器的性能指标，可以分为三类：高档路由器、中档路由器与低档路由器；
- ◆ 按路由器的端口结构，可以分为两类：固定端口路由器、模块化路由器；
- ◆ 按路由器应用的网络规模，可以分为三类：骨干级路由器、企业级路由器与接入级路由器；
 - 路由器的分类是相对的，是不断变化的。
- ◆ 按路由器应用的网络位置，可以分为两类：边界路由器、中间节点路由器。
- ◆ 按照信道类型，路由器可以分为有线路由器、无线路由器。无线宽带路由器支持ADSL、Ethernet等接入方式，还可以提供DHCP、NAT、防火墙和MAC地址过滤等服务。



路由器的配置

- ◆ 接口类型
- ◆ 可用插槽数
- ◆ CPU
- ◆ 内存
- ◆ 端口密度
- ◆ 路由协议





中高端路由器举例：H3C MSR 5600路由器



H3C MSR 5600路由器

H3C MSR系列开放多业务路由器

- > H3C MSR2600-XS 系列路由器
- > H3C MSR3600-XS 路由器
- > H3C MSR3600-XS 系列ICT 融合业务网关
- > H3C MSR 5600路由器
- > H3C MSR 3600 路由器
- > H3C MSR 2600路由器
- > H3C MSR 900E路由器
- > H3C MSR810无线营销路由器产品
- > H3C MSR 800路由器



H3C MSR 5600路由器硬件规格

MSR5600系列硬件规格

属性	MSR5620	MSR5660	MSR5680
转发性能	16Mpps ~ 220Mpps	360Mpps	360Mpps
USB2.0	2, 支持3G/4G Modem扩展		
整机交换容量	135Gbps	670Gbps	750Gbps
固定GE接口	3GE (Combo) + 2SFP+	10GE (Combo) /10GE (Combo) +2SFP+/10GE (Combo) +4SFP+/4GE (Combo) +4SFP/8SFP+	10GE (Combo) /10GE (Combo) +2SFP+/10GE (Combo) +4SFP+/4GE (Combo) +4SFP/8SFP+
CON/AUX	1	1	1
Ipv4路由表	500K		
CON(Mini-USB Type AB)	/	1	1
SIC槽位	4	/	/
HMIM插槽	2	6	8
DHMIM	/	1	2
VPM	/	2	2



H3C MSR 5600路由器硬件规格

最大功耗	300W (单) /450W (双)	300W (单) /450W (四)	300W (单) /450W (四)
冗余电源	内置双电源	内置(AC/DC/PoE), N+1备份	内置(AC/DC/PoE), N+1备份
电源	AC/POE: 100V a.c. ~ 240V a.c.; 50Hz/60Hz DC: -48 ~ -60V		
机架高度 (U高)	2个机架高度 (2RU)	4个机架高度 (4RU)	5个机架高度 (5RU)
外形尺寸 (W×D×H, mm)	440 (mm) *480 (mm) *88.1mm	440×480×175.1	440×480×219.5
环境温度	-20-65°C		
工作温度	-20-65°C		
环境相对湿度	5 ~ 95% (不结露)		
EMC	FCC Part 15 (CFR 47) CLASS A ICES-003 CLASS A VCCI-3 CLASS A VCCI-4 CLASS A CISPR 22 CLASS A EN 55022 CLASS A AS/NZS CISPR22 CLASS A CISPR 24 EN 55024 EN 61000-3-2		



H3C MSR 5600路由器软件规格

MSR5600系列软件规格

属性	功能
二层协议	支持Ethernet, Ethernet II, VLAN (VLAN-BASED PORT VLAN, VOICE VLAN, Guest VLAN) , 802.3x, 802.1p, 802.1Q, 802.1x, STP(802.1D) , RSTP(802.1w), MSTP(802.1s), PPP、PPPoE Client、PPPoE Server、HDLC、DDR、Modem、ISDN等
IP服务	支持单播转发/组播转发, TCP, UDP, IP Option, IP Unnumber, 策略路由, Netstream, sFlow等 支持ECMP 支持UCMP
IP应用	支持Ping、Trace、ICMP, DHCP Server、DHCP Relay、DHCP Client, DHCP Snooping, DNS client, DNS Proxy, DDNS, IP Accounting, UDP Helper, NTP、SNTP等
IPv4路由	静态路由 动态路由协议: RIPv1/v2、OSPFv2、BGP、IS-IS 路由迭代 路由策略 ECMP (等价多路径) 组播路由协议: IGMPV1/V2/V3, PIM-DM, PIM-SM, MBGP, MSDP
IPv6	支持Ipv6 ND, Ipv6 PMTU, Ipv6 FIB, Ipv6 ACL, NAT-PT, Ipv6隧道, 6PE、DS-LITE; IPv6隧道技术: 手工隧道, 自动隧道, GRE隧道, 6to4, 静态路由 动态路由协议: RIPng, OSPFv3, IS-ISv6, BGP4+ IPv6组播协议: MLD V1/V2, PIM-DM, PIM-SM



H3C MSR 5600路由器软件规格

QoS	<p>支持LR、Port-Based Mirroring、Port Trust Mode、Port Priority等</p> <p>支持CAR (Committed Access Rate)</p> <p>支持FIFO、WFQ、CBQ等</p> <p>支持WRED (加权随机先期检测)</p> <p>支持GTS (Generic Traffic Shaping)</p> <p>支持流量分类</p> <p>支持5层H-QoS(层次化QoS)</p> <p>支持数据包标记功能 (基于IP地址、端口号、802.1P、DSCP值等)</p> <p>支持层次化QoS (H-QoS) , 支持PQ/WFQ/CBWFQ等队列调度机制</p> <p>支持数据包多级队列机制 (包括CQ、PQ、LLQ、WFQ等)</p>
语音	<p>支持FXS/FXO/E&M/E1/T1, 支持R2, DSS1, Q.sig等</p> <p>支持G.711、G.723、G.726、G.729AB等</p> <p>支持丰富的语音业务、语音备份, DTMF传输支持RFC2833, 智能拨号路由器, FXS和FXO的1:1绑定, 断电逃生, SIP Sever本地存活, IVR等</p>
3/4G	<p>支持3G Modem扩展, 支持TD-SCDMA、CDMA2000/EVDO、WCDMA/HSPA+网络</p>
安全特性	<p>PPPoE Client&Server, PORTAL, 802.1x</p> <p>支持防火墙、IPS、SSLVPN等安全功能</p> <p>Local认证, RBAC、Radius, Tacacs</p> <p>ASPF, ACL, FILTER、连接数限制</p> <p>IKE, IPSec</p> <p>ADVPN</p> <p>L2TP, NAT/NAPT, PKI, RSA, SSH v1.5/2.0, URPF, GRE</p> <p>支持ARP防攻击</p> <p>支持EAD端点准入防御功能</p> <p>支持EVI、VxLAN、Trill等数据中心特性</p>

高端核心路由器举例：H3C SR8800-F 核心路由器



H3C SR8800 系列路由器

H3C SR系列高端路由器

- > H3C SR8800-F 核心路由器
- > H3C SR8800 系列路由器
- > H3C SR6600-F系列业务承载路由器
- > H3C SR6600-X云业务汇聚路由器
- > H3C SR6602-X双万兆综合业务网关
- > H3C SR6600开放多核路由器

H3C SR8800-F 核心路由器

SR8800-F是H3C自主研发的高端路由器，采用先进的硬件架构，支持高密度10GE、40GE、100GE接口，单槽位性能灵活扩展，可满足不同网络位置需求；



最新的顶级路由器：H3C CR19000 T级集群路由器



H3C CR19000 T级集群路由器

H3C CR系列核心路由器

- > H3C CR19000 T级集群路由器
- > H3C CR16000-X核心路由器
- > H3C CR16000-F 核心路由器
- > H3C CR16000核心路由器

* CR19000在每槽位1800G的能力下，单机端口容量达到36Tbps，最大可支持360个100G接口并提供持续升级的能力。



6.3.3 路由器技术发展

- ◆ **第一代路由器：采用传统的计算机体系结构。**
- ◆ **第二代路由器：从单总线单CPU结构逐步发展到多总线多CPU结构。**
- ◆ **第三代路由器：基于硬件专用芯片ASIC的交换结构代替传统计算机的共享总线。**
- ◆ **第四代路由器：提出网络处理器（NP, Network Processor）的概念。**



第三层交换的概念

- ◆ 将第三层成熟的路由技术与第二层高性能的硬件交换技术相结合，达到快速转发分组，保证服务质量，提高结点性能的目的。
- ◆ 第三层交换机的设计重点放在如何提高分组转发速度、减小传输延迟，其功能由硬件而不是路由处理软件来实现。
- ◆ 典型产品包括：Cisco公司的标记交换设备、IBM公司的汇聚基于路由设备、Toshiba公司的信元交换路由设备、Cascade公司的IP导航器等。
- ◆ 现在在各种网络应用中，主要是使用三层交换机设备组网，或者是模块化的核心交换机设备。如华三的12500系列核心交换机等。



6.4 高层互连设备

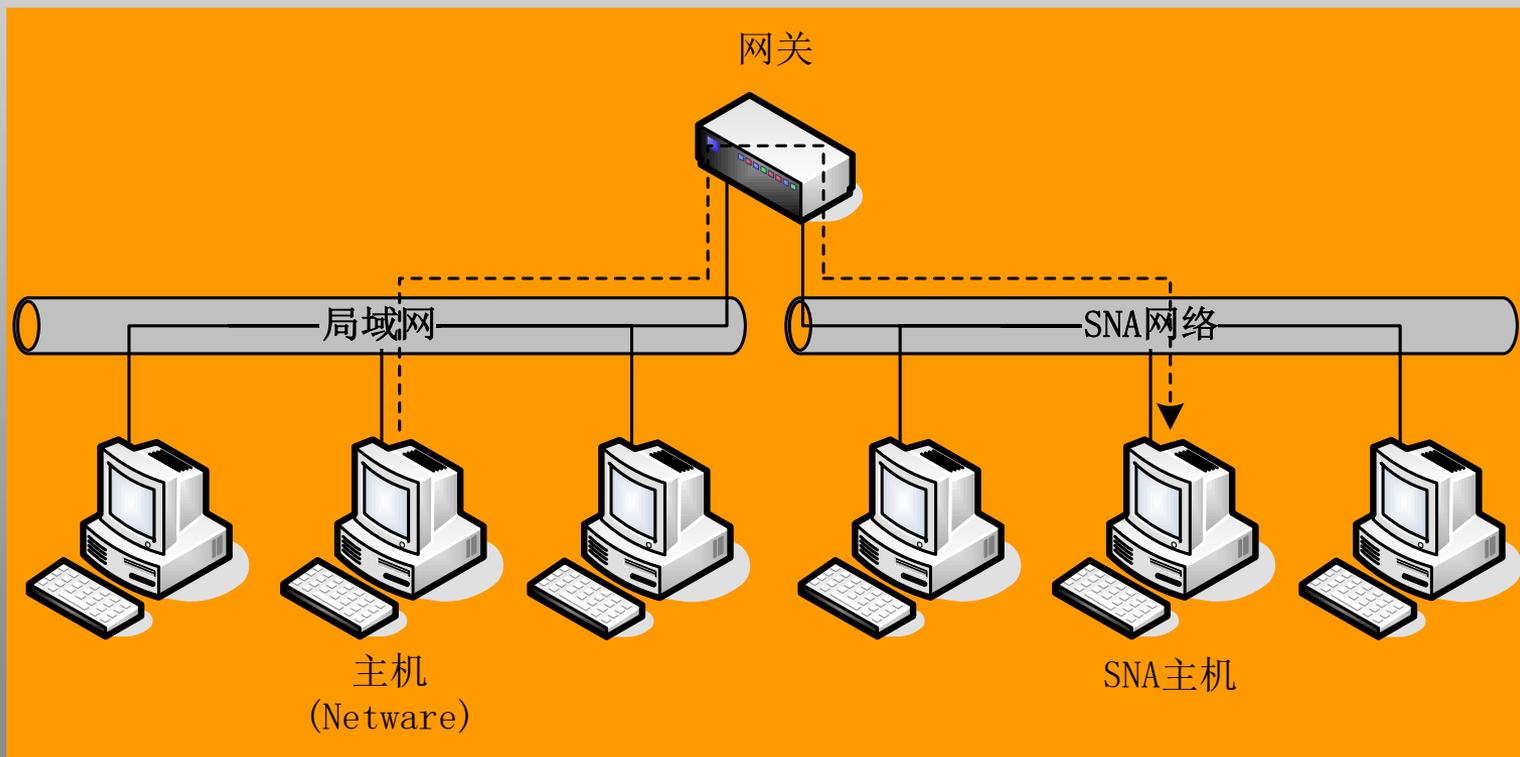


6.4.1 网关的概念

- ◆ **网关 (Gateway) 通过使用适当的硬件与软件实现不同网络协议之间的转换功能。**
- ◆ **硬件用于提供不同网络的接口，软件实现不同互连网协议之间的转换。**
- ◆ **网关作为一直协议变换设备，可以工作在传输层或应用层。**
- ◆ **网关可以由两个半网关 (Half Gateway) 构成。通过选择两种不同的半网关组合，可以灵活地互连两种不同的网络。**



网关的工作原理



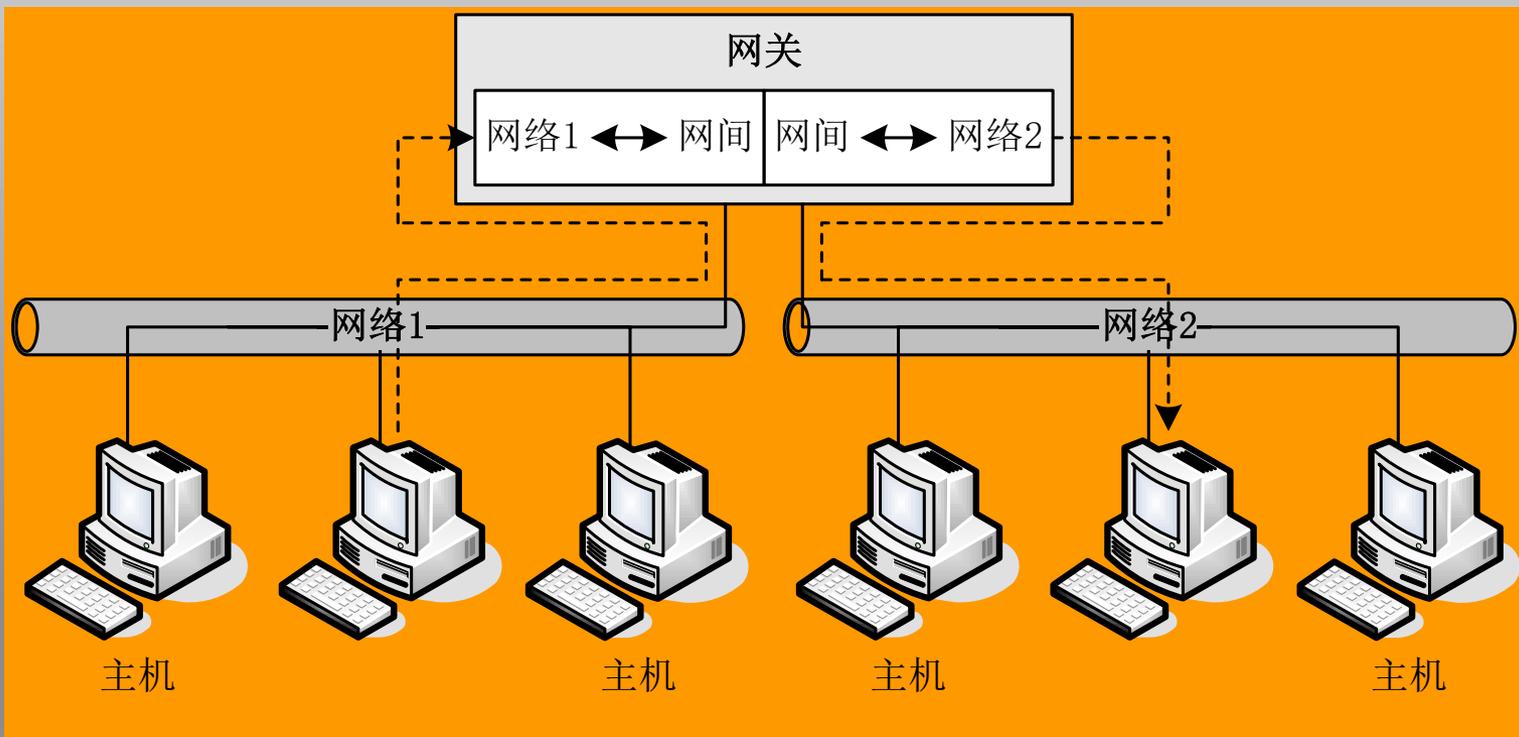


6.4.2 网关的分类

- ◆ 通过对网关实现不同协议转换的方法分类。
- ◆ 最简单的方法：直接将输入网络的报文格式转换成输出网络的报文格式。对一个支持 n 种协议的网关，需要实现 $n \times (n-1)$ 种变换。
- ◆ 常用的方法：制定一种标准的网间报文格式。网关互连 n 种协议网络，只需要编写 $2n$ 种协议转变模块。



网间格式的网关结构





THANKS

