



哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



立足航天，服务国防，面向国民经济主战场

计算机网络

李全龙

第7周 课堂教学-网络层（下）

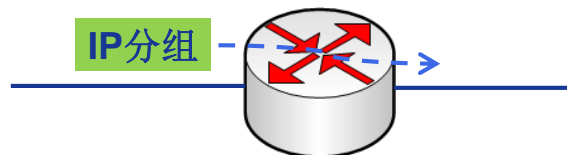
❖ 束广就狭：

- 4.8 NAT
- 4.9 ICMP协议
- 4.10 IPv6简介
- 4.11 路由算法
- 4.12 Internet路由协议



❖ 质疑辨惑:

1. 一个路由器在转发IP分组时，
IP分组的哪些字段可能会被修改？
如何修改？



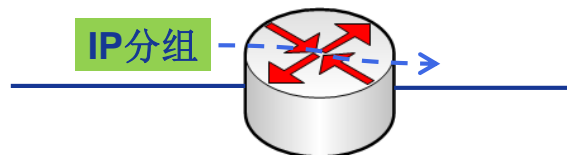
0	4	8	16	19	24	31
版本号		首部长度	服务类型(TOS)		总长度	
标识			标志位	片偏移		
生存时间(TTL)		协议		首部检验和		
源IP地址						
目的IP地址						
选项字段（长度可变）					填充	
数据						



第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑：

1. 一个路由器在转发IP分组时，IP分组的哪些字段可能会被修改？
如何修改？



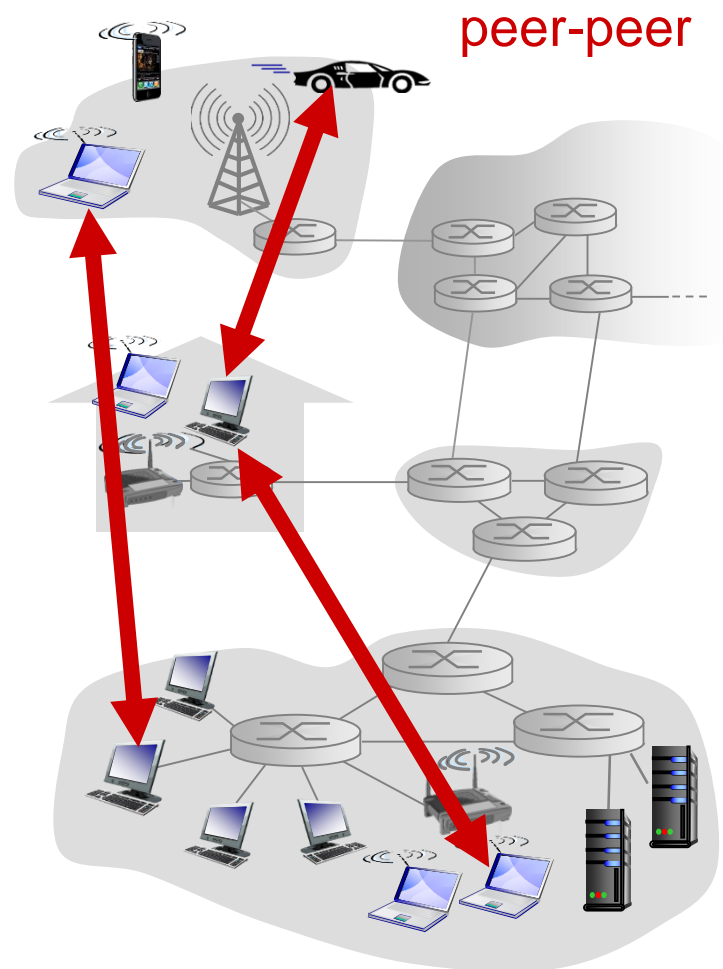
0	4	8	16	19	24	31
版本号		首部长度	服务类型(TOS)		总长度	
标识			标志位	片偏移		
生存时间(TTL)		协议		首部检验和		
源IP地址						
目的IP地址						
选项字段（长度可变）					填充	
数据						



第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑：

2.如果两个均使用私有IP地址的主机需要进行P2P通信？可能会遇到什么问题？如何解决？



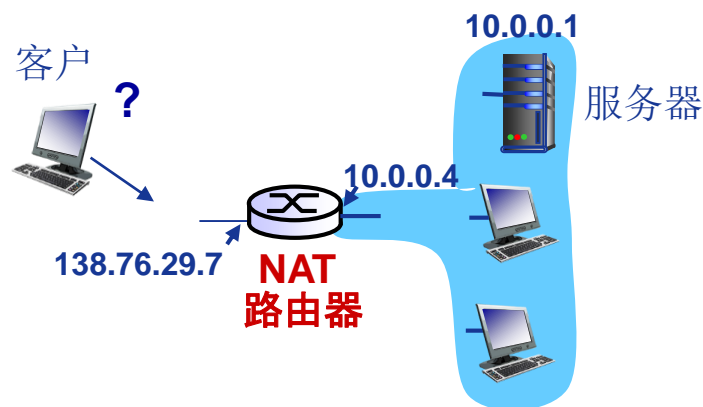
NAT穿透问题

❖ 客户期望连接内网地址为10.0.0.1的服务器

- 客户不能直接利用地址10.0.0.1直接访问服务器
- 对外唯一可见的地址是NAT地址: 138.76.29.7

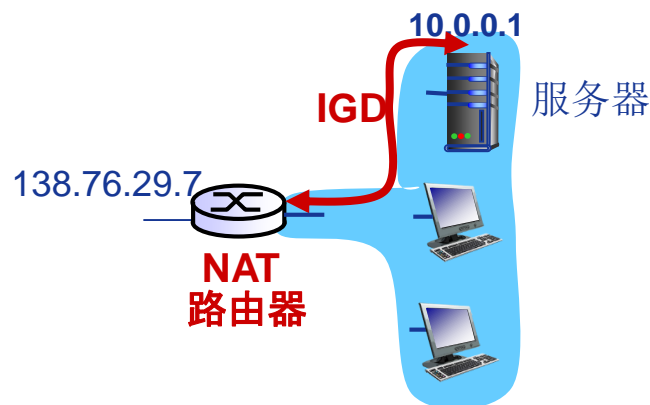
❖ 解决方案1: 静态配置NAT, 将特定端口的连接请求转发给服务器

- e.g., (138.76.29.7, 2500)
总是转发给(10.0.0.1, 25000)



NAT穿透问题

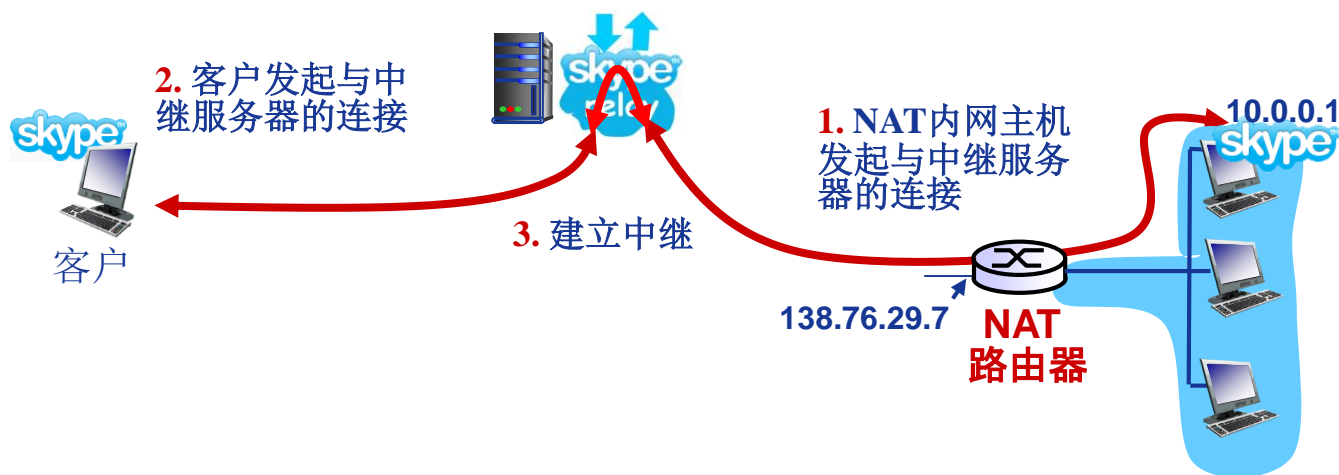
- ❖ 解决方案2: 利用UPnP (Universal Plug and Play 互联网网关设备协议 (IGD-Internet Gateway Device)) 自动配置:
 - ❖ 学习到NAT公共IP地址 (138.76.29.7)
 - ❖ 在NAT转换表中, 增删端口映射



NAT穿透问题

❖ 解决方案3: 中继(如Skype)

- NAT内部的客户与中继服务器建立连接
- 外部客户也与中继服务器建立连接
- 中继服务器桥接两个连接的分组

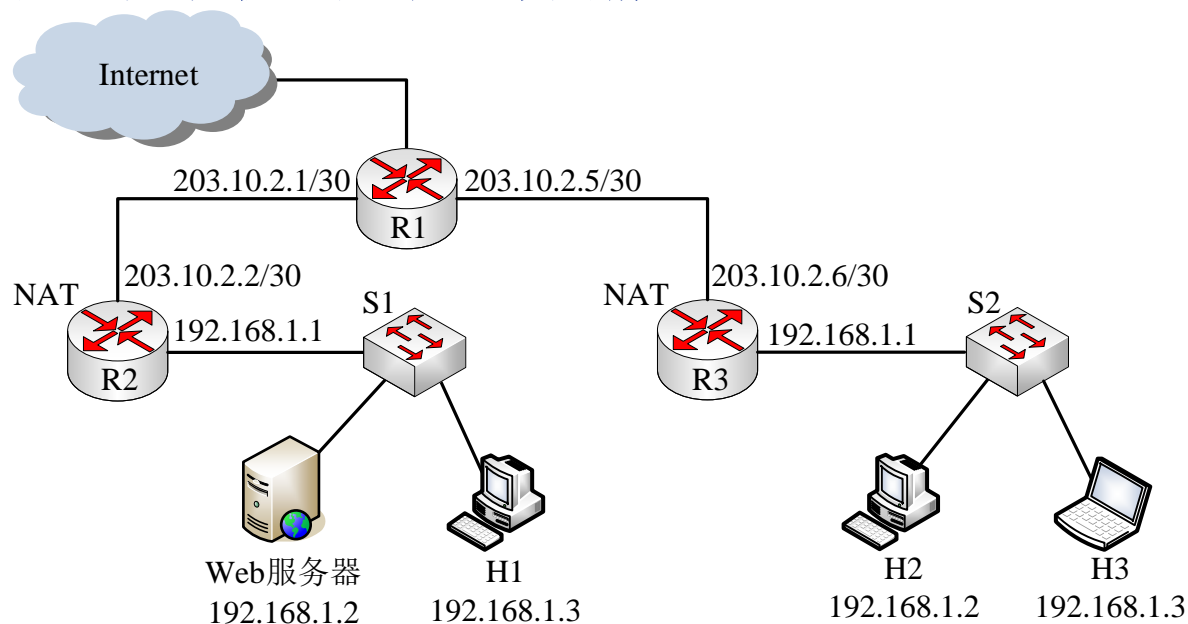


第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑:

3.某校园网有两个局域网，通过路由器R1、R2和R3互联后接入Internet，S1和S2为以太网交换机。局域网采用静态IP地址配置。

(1) 为使H2和H3能够访问Web服务器（使用默认端口号），需要进行什么配置？



NAT转换表结构:

外网		内网	
IP 地址	端口号	IP 地址	端口号

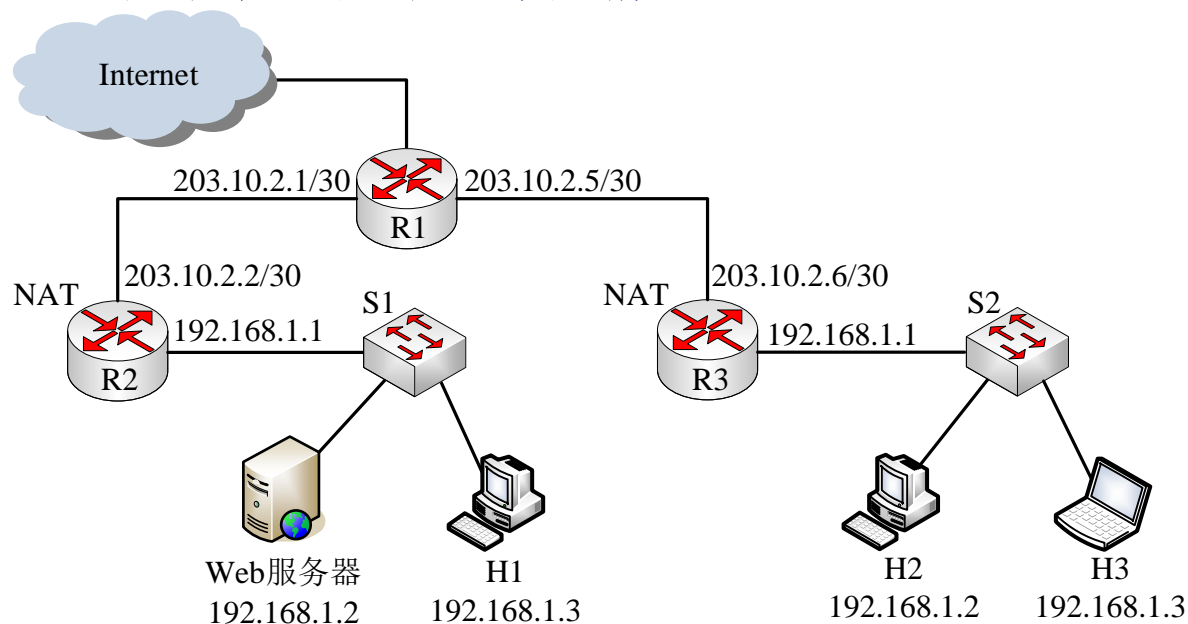


第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑:

3.某校园网有两个局域网，通过路由器R1、R2和R3互联后接入Internet，S1和S2为以太网交换机。局域网采用静态IP地址配置。

(1) 为使H2和H3能够访问Web服务器（使用默认端口号），需要进行什么配置？



A: 静态配置R2的NAT:

外网		内网	
IP 地址	端口号	IP 地址	端口号
203.10.2.2	80	192.168.1.2	80

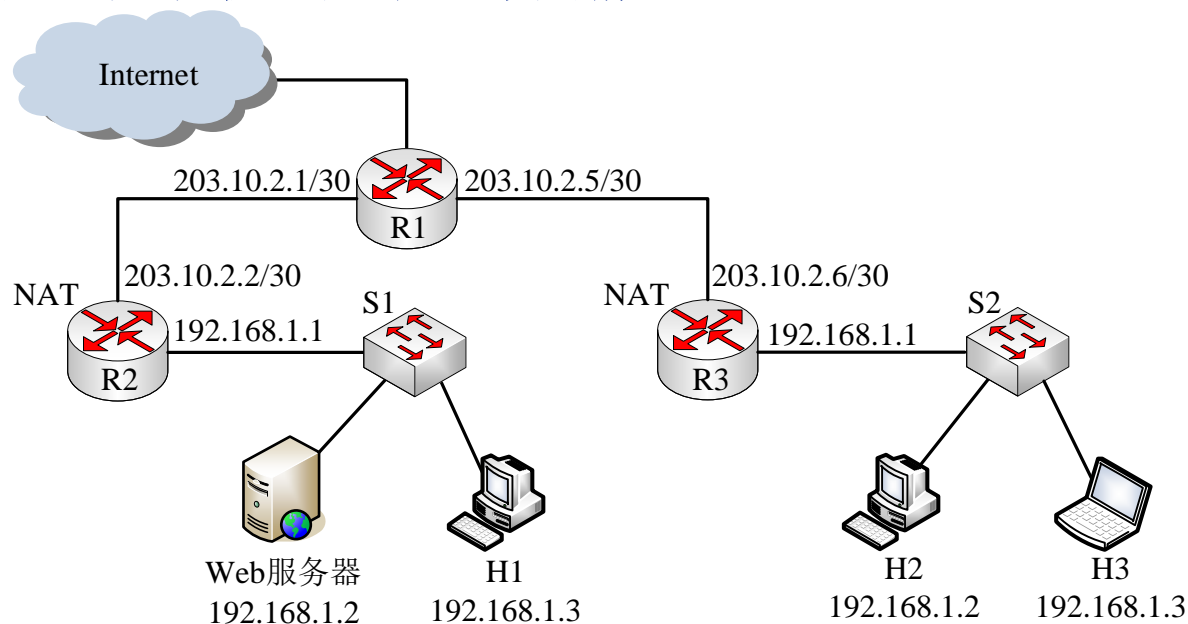


第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑:

3.某校园网有两个局域网，通过路由器R1、R2和R3互联后接入Internet，S1和S2为以太网交换机。局域网采用静态IP地址配置。

(2) 若H2主动访问Web服务器时，将HTTP请求报文封装到IP数据报P中发送，则H2发送的P的源IP地址和目的IP地址分别是什么？经过R3转发后，P的源IP地址和目的IP地址分别是什么？经过R2转发后，P的源IP地址和目的IP地址分别是什么？

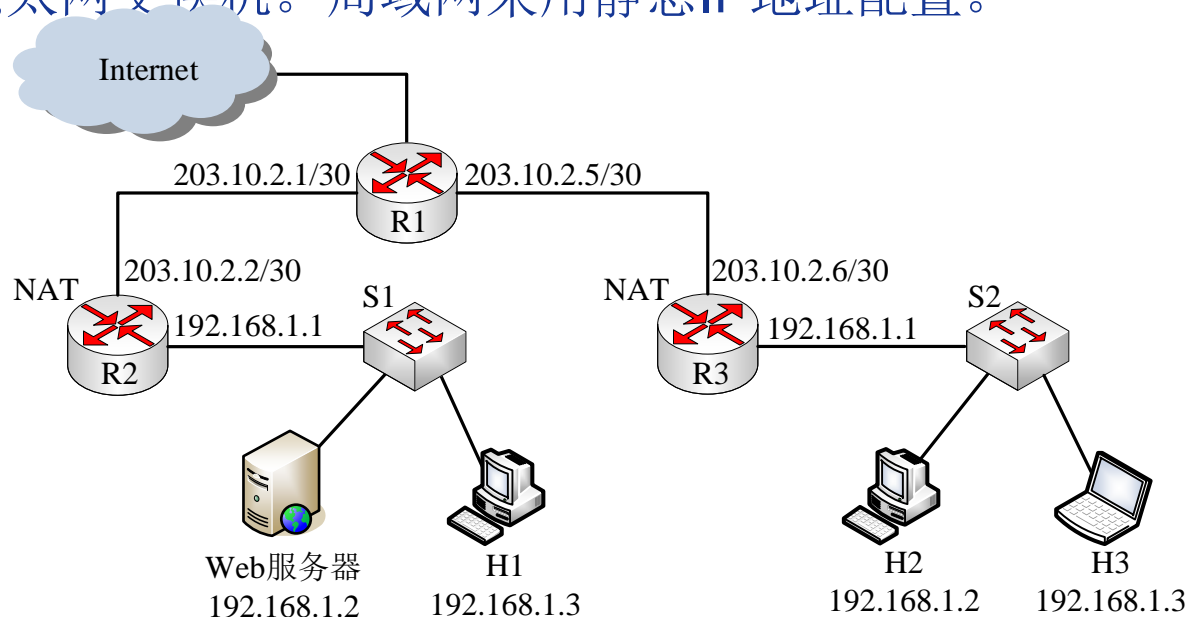


第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑:

3.某校园网有两个局域网，通过路由器R1、R2和R3互联后接入Internet，S1和S2为以太网交换机。局域网采用静态IP地址配置。

(2) 若H2主动访问Web服务器时，将HTTP请求报文封装到IP数据报P中发送，则H2发送的P的源IP地址和目的IP地址分别是什么？经过R3转发后，P的源IP地址和目的IP地址分别是什么？经过R2转发后，P的源IP地址和目的IP地址分别是什么？



A:

H2发送的P的源IP地址和目的IP地址分别是：**192.168.1.2**和**203.10.2.2**；
R3转发后，P的源IP地址和目的IP地址分别是：**203.10.2.6**和**203.10.2.2**；
R2转发后，P的源IP地址和目的IP地址分别是：**203.10.2.6**和**192.168.1.2**。



第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑：

4.可以利用ICMP协议实现哪些网络检测功能？如何实现？

- 探测网络连通性？
- 检测通信路径？
- 检测路径MTU？
- 拥塞控制？
-

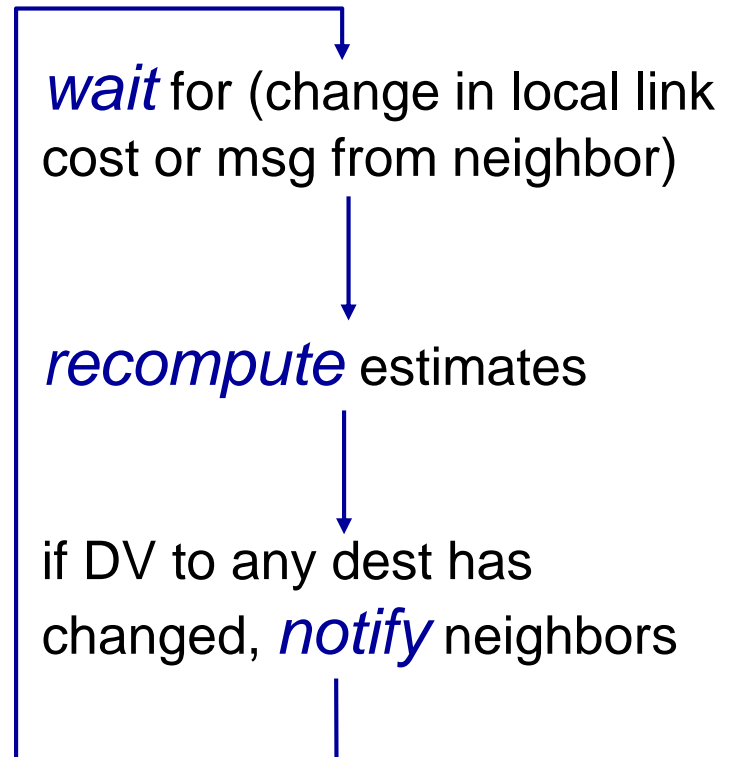


第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑:

5. 距离向量路由算法可能会产生什么问题？为什么会发生该问题？如何消解该问题？

each node:

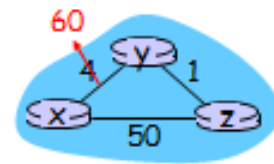
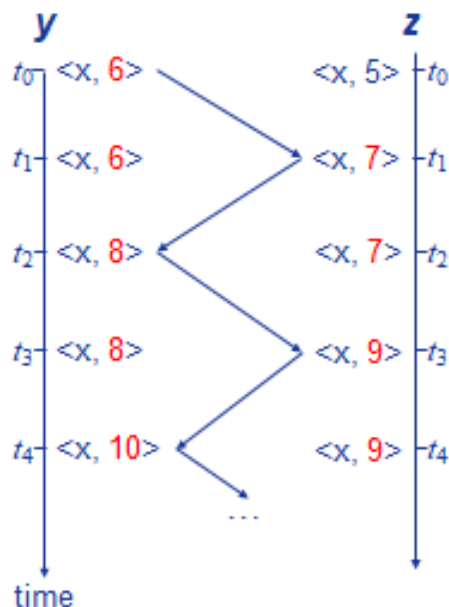


第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑:

5. 距离向量路由算法可能会产生什么问题？为什么会发生该问题？如何消解该问题？

距离向量DV: 无穷计数问题



坏消息传播慢！
——“无穷计数
(count to infinity)”
问题！



第7周 课堂教学-网络层（下）

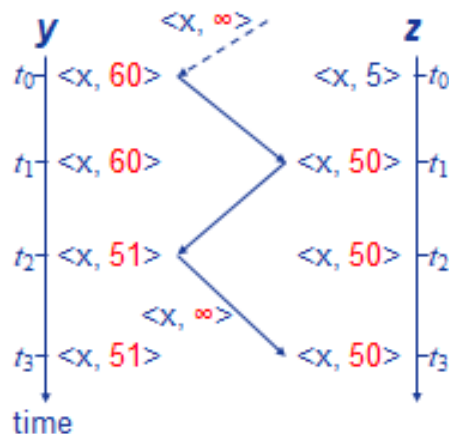
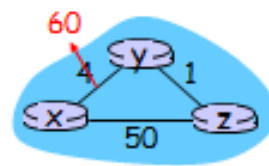
❖ 质疑辨惑:

5. 距离向量路由算法可能会产生什么问题？为什么会发生该问题？如何消解该问题？

距离向量DV: 无穷计数问题

毒性逆转(poisoned reverse):

- ❖ 如果一个结点(e.g. Z)到达某目的(e.g. X)的最小费用路径是通过某个邻居(e.g. Y), 则:
 - 通告给该邻居结点到达该目的的距离为无穷大



毒性逆转能否彻底解决无穷计数问题？



第7周 课堂教学-网络层（下）

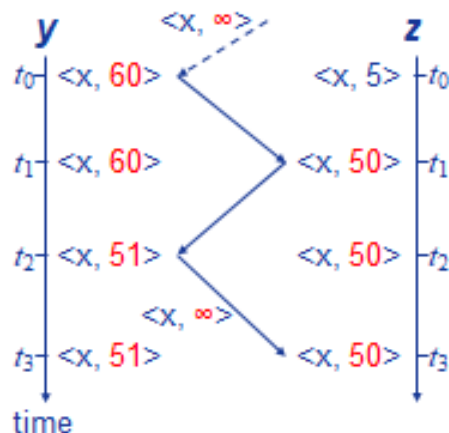
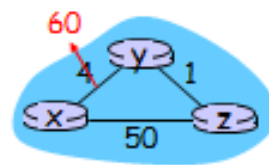
❖ 质疑辨惑:

5. 距离向量路由算法可能会产生什么问题？为什么会发生该问题？如何消解该问题？

距离向量DV: 无穷计数问题

毒性逆转(poisoned reverse):

- ❖ 如果一个结点(e.g. Z)到达某目的(e.g. X)的最小费用路径是通过某个邻居(e.g. Y), 则:
 - 通告给该邻居结点到达该目的的距离为无穷大



毒性逆转能否彻底解决无穷计数问题？



第7周 课堂教学-网络层（下）

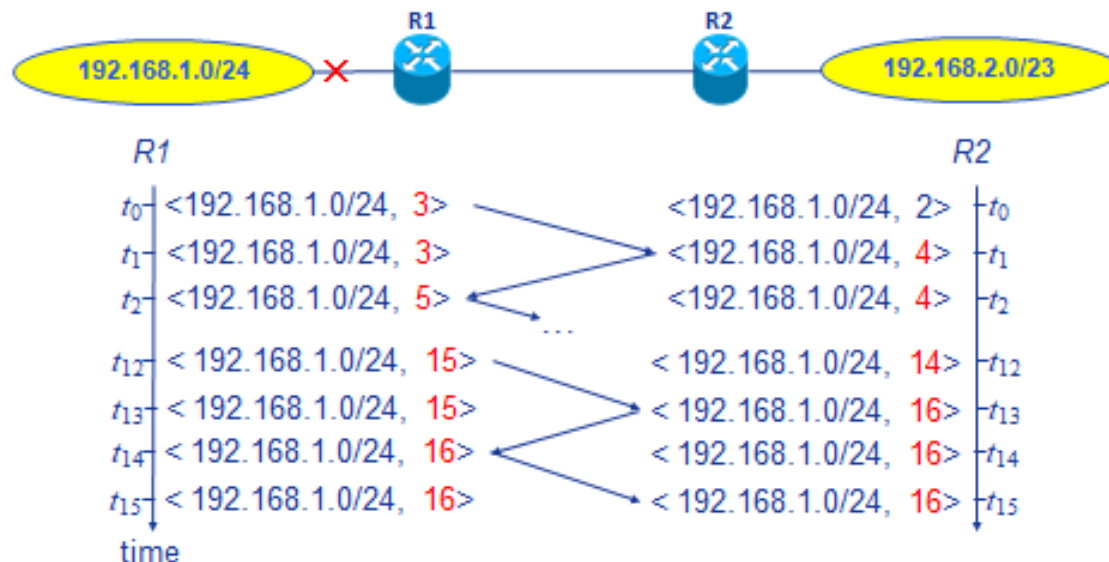
❖ 质疑辨惑:

5.距离向量路由算法可能会产生什么问题？为什么会发生该问题？如何消解该问题？

距离向量DV: 无穷计数问题

定义最大度量(maximum metric):

- ❖ 定义一个最大的有效费用值，如15跳步，16跳步表示 ∞

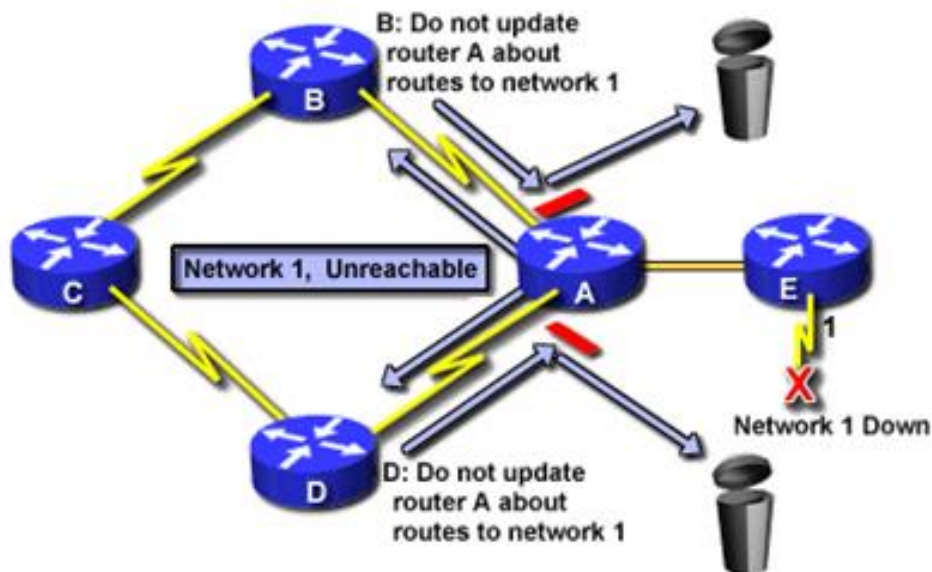


第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑：

5.距离向量路由算法可能会产生什么问题？为什么会发生该问题？如何消解该问题？

Solution: Split Horizon



- If you learn a protocol's route on an interface, do not send information about that route back out that interface

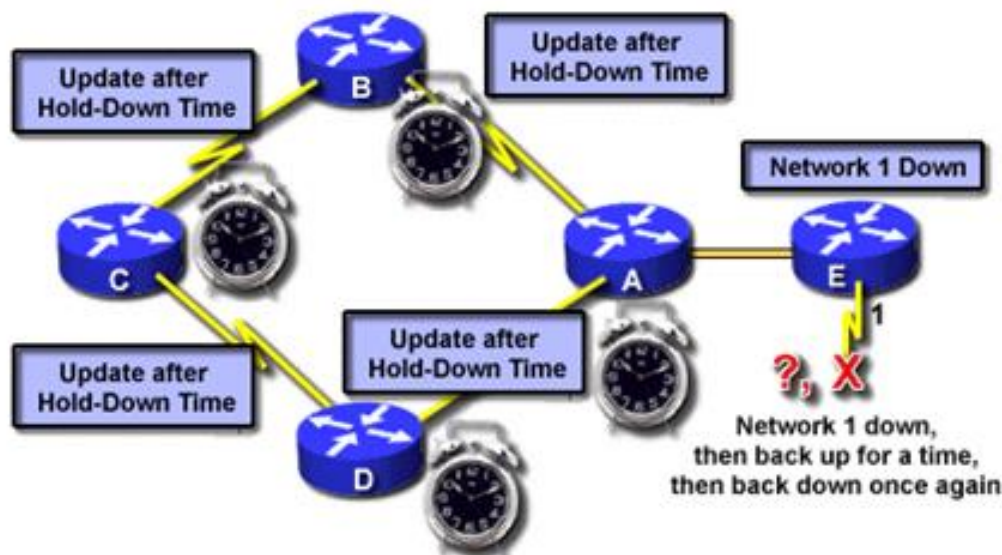


第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑:

5. 距离向量路由算法可能会产生什么问题？为什么会发生该问题？如何消解该问题？

Solution: Hold-Down Timers



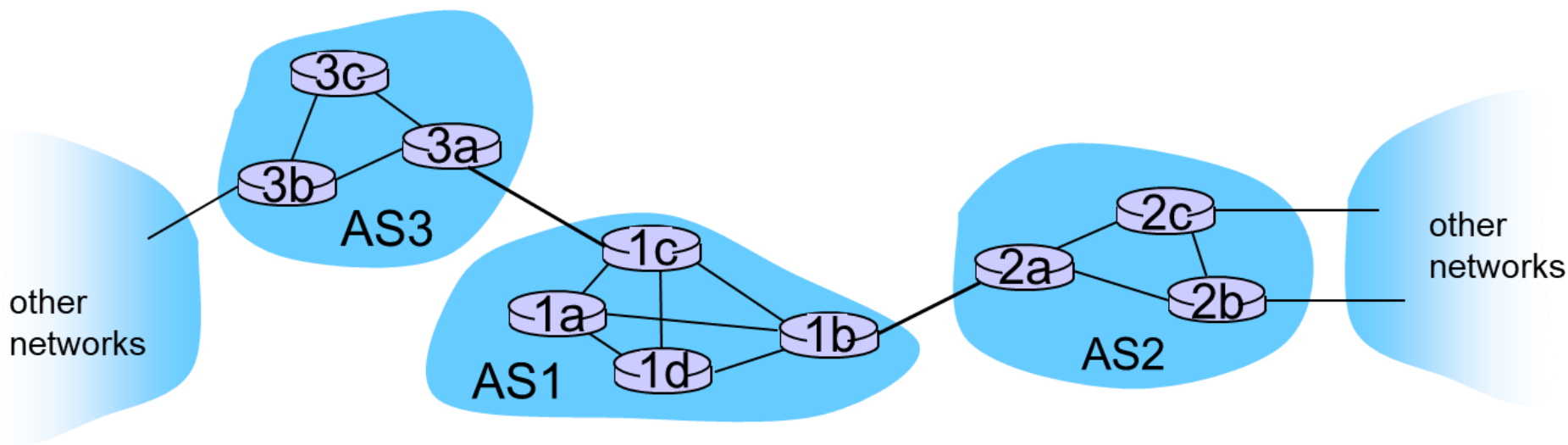
• Routers ignore network update information for some period



第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 质疑辨惑：

6. 自治系统网关路由器（如1c）向自治系统内路由器（如1d）交换经其他自治系统（如AS3）可达的网络前缀时，基于哪类路由协议（IGP或EGP）？为什么？是否每个自治系统都需要运行EGP协议？



第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 解疑释惑：

- 1.CIDR的重要意义是什么？
- 2.一个主机的IP地址为202.115.1.3/25表示什么意思？
- 3.为什么要采取层次化路由？
- 4.什么是热土豆（hot potato routing）路由？
- 5.RIP协议基于什么路由算法？可能产生什么问题？如何消解？
- 6.OSPF协议有哪些优点？
- 7.Internet在自治系统内交换到达其他自治系统目的网络可达性信息的是什么协议？
- 8.如何理解BGP协议的下一跳（NEXT-HOP）？



第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 开疆拓土：

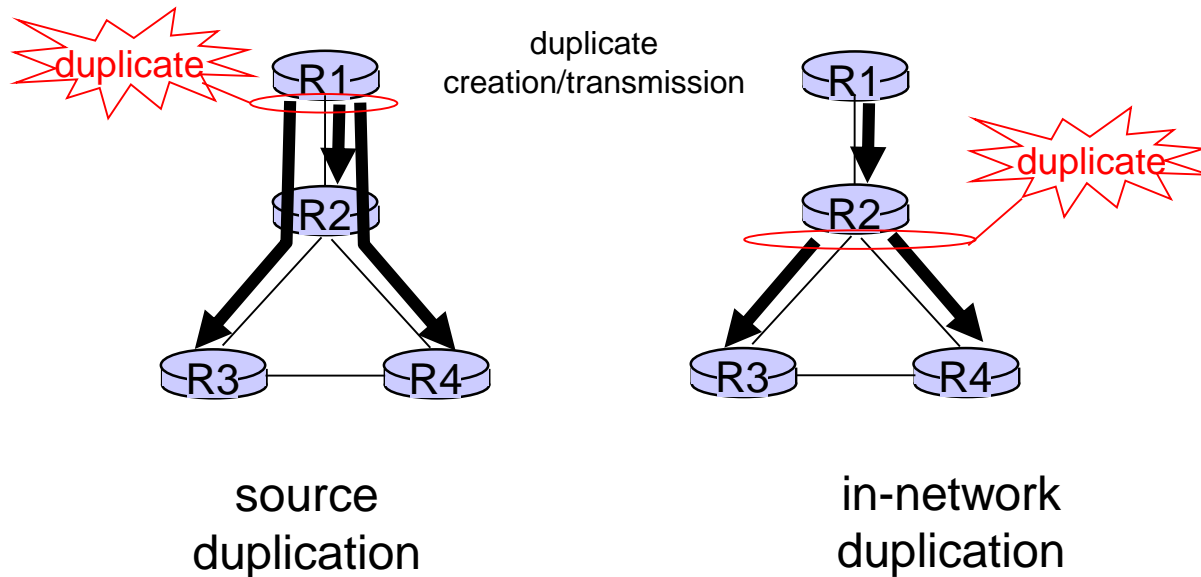
- 多播与广播通信简介





Broadcast routing

- ❖ deliver packets from source to all other nodes
- ❖ source duplication is inefficient:



- ❖ source duplication: how does source determine recipient addresses?



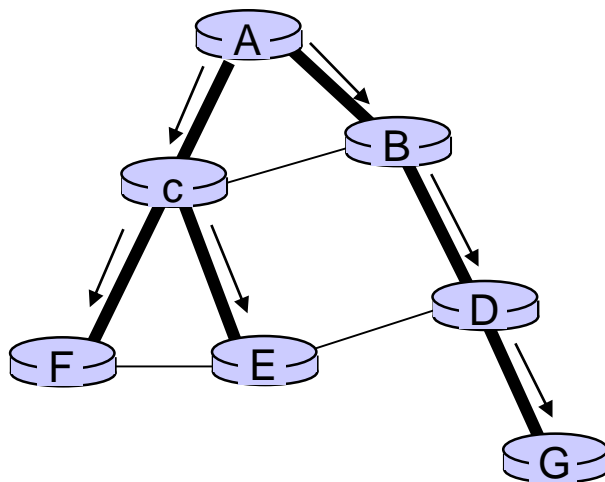
In-network duplication

- ❖ *flooding*: when node receives broadcast packet, sends copy to all neighbors
 - problems: cycles & broadcast storm
- ❖ *controlled flooding*: node only broadcasts pkt if it hasn't broadcast same packet before
 - node keeps track of packet ids already broadcasted
 - or reverse path forwarding (RPF): only forward packet if it arrived on shortest path between node and source
- ❖ *spanning tree*:
 - no redundant packets received by any node

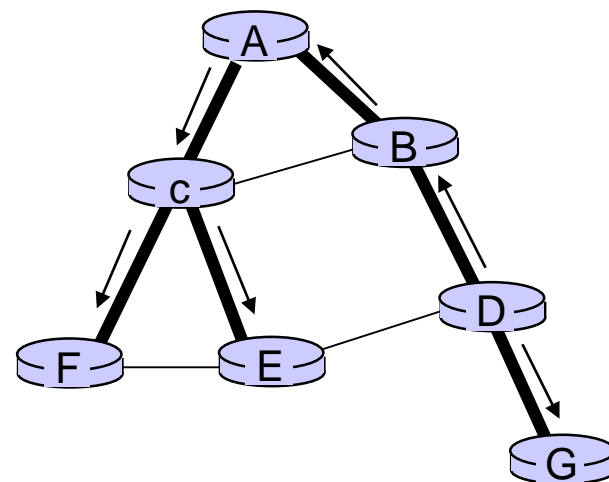


Spanning tree

- ❖ first construct a spanning tree
- ❖ nodes then forward/make copies only along spanning tree



(a) broadcast initiated at A

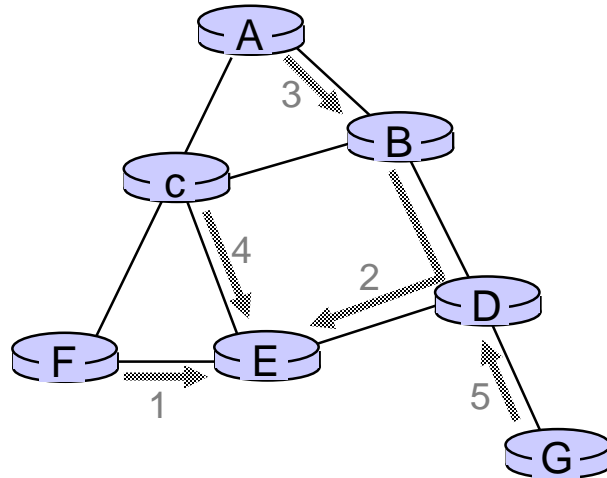


(b) broadcast initiated at D

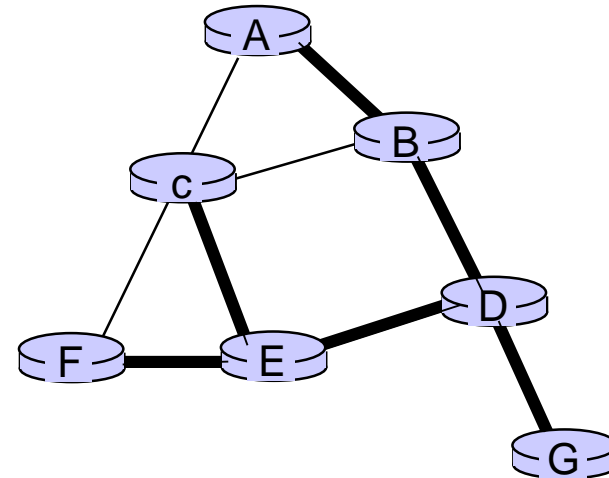


Spanning tree: creation

- ❖ center node
- ❖ each node sends unicast join message to center node
 - message forwarded until it arrives at a node already belonging to spanning tree



(a) stepwise construction of spanning tree (center: E)



(b) constructed spanning tree



Multicast routing: problem statement

goal: find a tree (or trees) connecting routers having local mcast group members

- ❖ **tree:** not all paths between routers used
- ❖ **shared-tree:** same tree used by all group members
- ❖ **source-based:** different tree from each sender to rcvrs

legend



group member



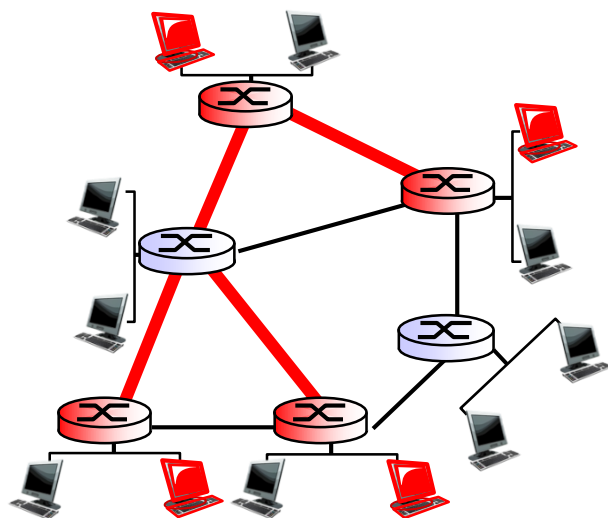
not group member



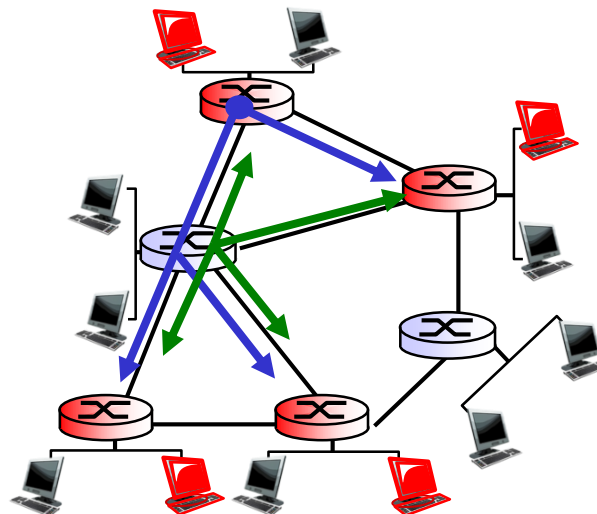
router with a group member



router without group member



shared tree



source-based trees



Approaches for building mcast trees

approaches:

- ❖ *source-based tree*: one tree per source
 - shortest path trees
 - reverse path forwarding
- ❖ *group-shared tree*: group uses one tree
 - minimal spanning (Steiner)
 - center-based trees

第7周 课堂教学-网络层（下）

❖ 演武修文：

■ 课堂测验

第8周
开始上实验课！



若路由器R因为拥塞丢弃IP分组，则此时R可向发出该IP分组的源主机发送的ICMP报文类型是_____。

- ☐ A 路由重定向
- ☐ B 目的不可达
- ☒ C 源抑制
- ☐ D 超时

提交



某自治系统内采用**RIP**协议，若该自治系统内的路由器**R1**收到其邻居路由器**R2**的距离矢量，距离矢量中包含信息<net1, 16>，则能得出的结论是

- ☐ A R2可以经过R1到达net1，跳数为17
- ☐ B R2可以到达net1，跳数为16
- ☐ C R1可以经过R2到达net1，跳数为17
- ☒ D R1不能经过R2到达net1

提交



在IPv6网络中，如果希望将一个IP数据报发送给一组主机中的每个主机接收，则该数据报的目的IPv6地址是

- ☐ A 单播地址（Unicast Address）
- ☒ B 组播地址（Multicast Address）
- ☐ C 任意播地址（Anycast Address）
- ☐ D 广播地址（Broadcast Address）

提交



第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

❖ 束广就狭：（30分钟）**第7组报告总结**

- 数据链路层服务，差错检验与纠正，多路访问技术与协议：信道划分协议、随机访问协议、轮转协议，局域网编址与ARP协议，以太网，链路层交换，网络互连设备：集线器、交换机，虚拟局域网（VLAN），典型点对点链路层协：PPP协议。

❖ 质疑辨惑：（50分钟）

- 1.差错编码的检错和纠错能力与什么有关？
- 2.什么是1-坚持CSMA协议？非坚持CSMA协议？P-坚持CSMA协议？
- 3. CSMA/CD协议的特点是什么？
-

❖ 解疑释惑：（10分钟）

- 解答疑问

❖ 演武修文：（10分钟）

- 课堂测验
- 讲解





哈爾濱工業大學
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



立足航天，服务国防，面向国民经济主战场

谢谢！