

1)

交换机的逆向学习算法、生成树（STP）解决的主要是二层（数据链路层）的问题：在同一个二层广播域/同一 VLAN 内，学习 MAC 地址、避免二层环路，从而把帧正确转发。

而路由算法解决的是三层（网络层）跨网段转发的的问题，核心差异：

- 作用范围不同：二层技术只管同一二层网络内的帧转发；路由要在多个 IP 子网之间选择路径并转发分组。
- 可扩展性不同：大型网络必须分层、分子网、做路由汇总；仅靠二层会导致广播域过大、管理困难。
- 策略与度量更丰富：路由可以按跳数、带宽、时延、管理策略等做选路；二层学习转发基本不涉及“最优路径”。
- 环路处理方式不同：二层常用 STP “砍掉链路”来避免环路；三层通过路由协议的收敛机制与度量计算来避免/消除环路影响，并能同时利用多条链路。

2)

2.1 采用的度量

距离向量题目通常默认度量为跳数

- 直连网段：度量取 (0)
- 经 1 条路由器链路到达：度量取 (1)

2.2 路由器 A 的路由表

目的地址	子网掩码	下一跳	度量值
192.168.0.0	255.255.255.0	直连	0
192.168.1.0	255.255.255.0	D	1
10.1.0.0	255.255.0.0	E	1
10.2.0.0	255.255.0.0	E	2
192.168.1.128	255.255.255.128	B	2

说明：

- 到 192.168.1.0/24：A→D（1 跳）
- 到 10.1.0.0/16：A→E（1 跳）
- 到 10.2.0.0/16：A→E→F（2 跳，比 A→B→C→F 的 3 跳更短）
- 到 192.168.1.128/25：A→B→C（2 跳）

2.3 A 对给定目的地址如何转发

1. 192.168.0.1 命中 192.168.0.0/24 → 直连转发到 192.168.0.0/24 所在接口
2. 192.168.0.255 仍命中 192.168.0.0/24 → 直连转发到该接口

- 3. 192.168.1.1 命中 192.168.1.0/24 → 下一跳 D
- 4. 192.168.1.192 同时匹配 192.168.1.0/24 与 192.168.1.128/25，按最长前缀匹配选 /25 → 下一跳 B

3)

3.1 度量定义

取一个方便的比例常数，使 10Gb/s 的链路代价为 1：

$c = \frac{10}{B}$ (B) 的单位为 Gb/s。

于是：

- 10Gb/s： $c = \frac{10}{10} = 1$
- 2.5Gb/s： $c = \frac{10}{2.5} = 4$

3.2 计算 A 到关键路由器的最短代价

- 到 C：A→B→C：(1+1=2)
- 到 F：
 - A→B→C→F：(1+1+1=3)
 - A→E→F：(1+4=5) 所以选 A→B→C→F (代价 3)

3.3 路由器 A 的路由表

目的地址	子网掩码	下一跳	度量值
192.168.0.0	255.255.255.0	直连	0
192.168.1.0	255.255.255.0	D	1
10.1.0.0	255.255.0.0	E	1
10.2.0.0	255.255.0.0	B	3
192.168.1.128	255.255.255.128	B	2

对比第 2 题的差异：

- 10.2.0.0/16 的下一跳从 E 变为 B，因为链路状态按“带宽反比”计费后，2.5Gb/s 的 E-F 链路代价更高。

6)

即使传送层（如 TCP）能通过端到端控制发送速率，也仍然需要网络层拥塞控制，主要原因是：

- 并非所有业务都能依赖传送层控制 传送层速率控制主要对 TCP 这类“响应式”流量有效；但网络里还有大量 UDP/实时流/不按拥塞退让的应用，只靠传送层无法约束它们，必须由网络层（路由器/网关）在瓶颈处进行控制与保护。

2. 拥塞发生在网络内部，端系统看到的是“结果”而非“原因” 端到端只能从丢包、RTT 变大推测拥塞，反馈滞后且不精确；而网络层位于拥塞点（队列/链路），能更直接地做：
 - 主动队列管理（如提前丢弃/标记）
 - 显式拥塞通知（ECN）
 - 调度与整形（公平排队、优先级等）
3. 需要在共享资源处做公平性与隔离 多流共享同一瓶颈时，若只靠端系统自觉退让，容易出现不公平甚至“劣币驱逐良币”。网络层可实现：
 - 对不同流/不同业务的公平分配
 - 对异常/攻击流量的隔离与限速
 - 防止拥塞崩溃（大量重传进一步加剧拥塞）
4. 网络层还能做“准入控制/资源管理” 有些场景需要在网络内部保证服务质量（QoS），例如对某类业务限制进入、预留资源等，这属于网络层的职责。

8)

已知：

- 桶容量 $(C=1000\text{ MB})$ （本题中不成为瓶颈，因为初始令牌 $450\text{ MB} < 1000\text{ MB}$ ）
- 令牌产生速率 $(r=5\text{ MB/s})$
- 初始令牌 $(T_0=450\text{ MB})$
- 发送速率 $(s=20\text{ MB/s})$
- 数据量 $(D=2000\text{ MB})$
-

阶段 1：有令牌时按 (20 MB/s) 发送

令牌净消耗速率： $s-r=20-5=15\text{ MB/s}$ 令牌耗尽时间： $t_1=\frac{T_0}{s-r}=\frac{450}{15}=30\text{ s}$
 这段时间发送数据量： $D_1=s\cdot t_1=20\times 30=600\text{ MB}$

阶段 2：令牌用尽后只能按产生速率发送

剩余数据： $D_2=D-D_1=2000-600=1400\text{ MB}$ 此时可持续发送速率为 $(r=5\text{ MB/s})$ ，所需时间： $t_2=\frac{D_2}{r}=\frac{1400}{5}=280\text{ s}$

总时间

$t=t_1+t_2=30+280=310\text{ s}=5\text{ min } 10\text{ s}$

10)

三层次下，常见路由表规模估算为：

- 对本组内目的：需要到本组其他节点的明细项 $((G-1))$
- 对本区域内其他组：按“组”为单位汇总 $((K-1))$
- 对其他区域：按“区域”为单位汇总 $((R-1))$

因此每个节点路由表项数近似： $T=(G-1)+(K-1)+(R-1)=G+K+R-3$ 同时满足： $R \cdot K \cdot G=4800, \quad T \leq 50$

给出一种可行划分方案：

- 划分为 (R=15) 个区域
- 每个区域 (K=16) 个组
- 每个组 (G=20) 个节点

验证节点总数： $15 \times 16 \times 20=4800$

验证路由表项数： $T=(20-1)+(16-1)+(15-1)=19+15+14=48 \leq 50$

12)

已知：MTU 指每个 IP 分片（含首部）在链路上传输的最大长度。

一、IPv4

- IPv4 每个分片都要带 20B 首部 $\text{每片最大数据} = 500-20=480 \text{ B}$
- IPv4 分片偏移以 8B 为单位，因此除最后一片外数据长度必须是 8 的倍数。(480) 正好是 (8) 的倍数。

把载荷 (1480) 按 (480) 切分： $1480 = 480 \times 3 + 40$ 所以需要 4 个片段。

分片结果（数据字段长度 / 总长度 / 片偏移 / MF）

片号	数据长度(B)	该片总长度(B)	Fragment Offset	MF
1	480	500	(0)	1
2	480	500	(480/8=60)	1
3	480	500	(960/8=120)	1
4	40	60	(1440/8=180)	0

答案（IPv4）：4 片。

二、IPv6

1) 不含扩展头部（只算 40B 基本首部）

$\text{每片最大数据} = 500-40=460 \text{ B}$ 分片偏移同样以 8B 为单位，除最后一片外取不超过 460 的最大 8 倍数： $\lfloor 460/8 \rfloor \times 8 = 57 \times 8 = 456 \text{ B}$ $1480 = 456 \times 3 + 112$ 因此需要 4 个片段（数据分别 456,456,456,112）。

答案：4 片。

15) NAT 地址转换（用五元组表示）

表 6.16（NAT 映射表）给出：

- (192.168.1.44:5001) / TCP (\$\leftarrow\$) (166.111.68.231:10044) / TCP
- (192.168.1.45:6000) / UDP (\$\leftarrow\$) (166.111.68.231:10044) / UDP
- (192.168.1.46:5001) / TCP (\$\leftarrow\$) (166.111.68.231:10045) / TCP

五元组格式：\$\$(\text{源IP},\ \text{目的IP},\ \text{源端口},\ \text{目的端口},\ \text{协议})\$\$

(1) 收到分组

查表：(192.168.1.44:5001/TCP \$\rightarrow\$ 166.111.68.231:10044/TCP)

转换后五元组：\$\$ (166.111.68.231,\ 168.111.4.98,\ 10044,\ 80,\ TCP) \$\$

(2) 收到分组

查表：(192.168.1.46:5001/TCP \$\rightarrow\$ 166.111.68.231:10045/TCP)

转换后五元组：\$\$ (166.111.68.231,\ 168.111.4.98,\ 10045,\ 80,\ TCP) \$\$

(3) 收到分组

这是外网到 NAT 的分组，需把 目的IP/目的端口 反向映射。

查表：(166.111.68.231:10044/UDP \$\rightarrow\$ 192.168.1.45:6000/UDP) 转换后五元组：\$\$ (166.111.8.28,\ 192.168.1.45,\ 53,\ 6000,\ UDP) \$\$

(4)

这是静态端口映射，应添加一条表项：

内部IP地址	内部端口号	协议	外部IP地址	外部端口号
192.168.1.46	80	TCP	166.111.68.232	8080