

计算机网络

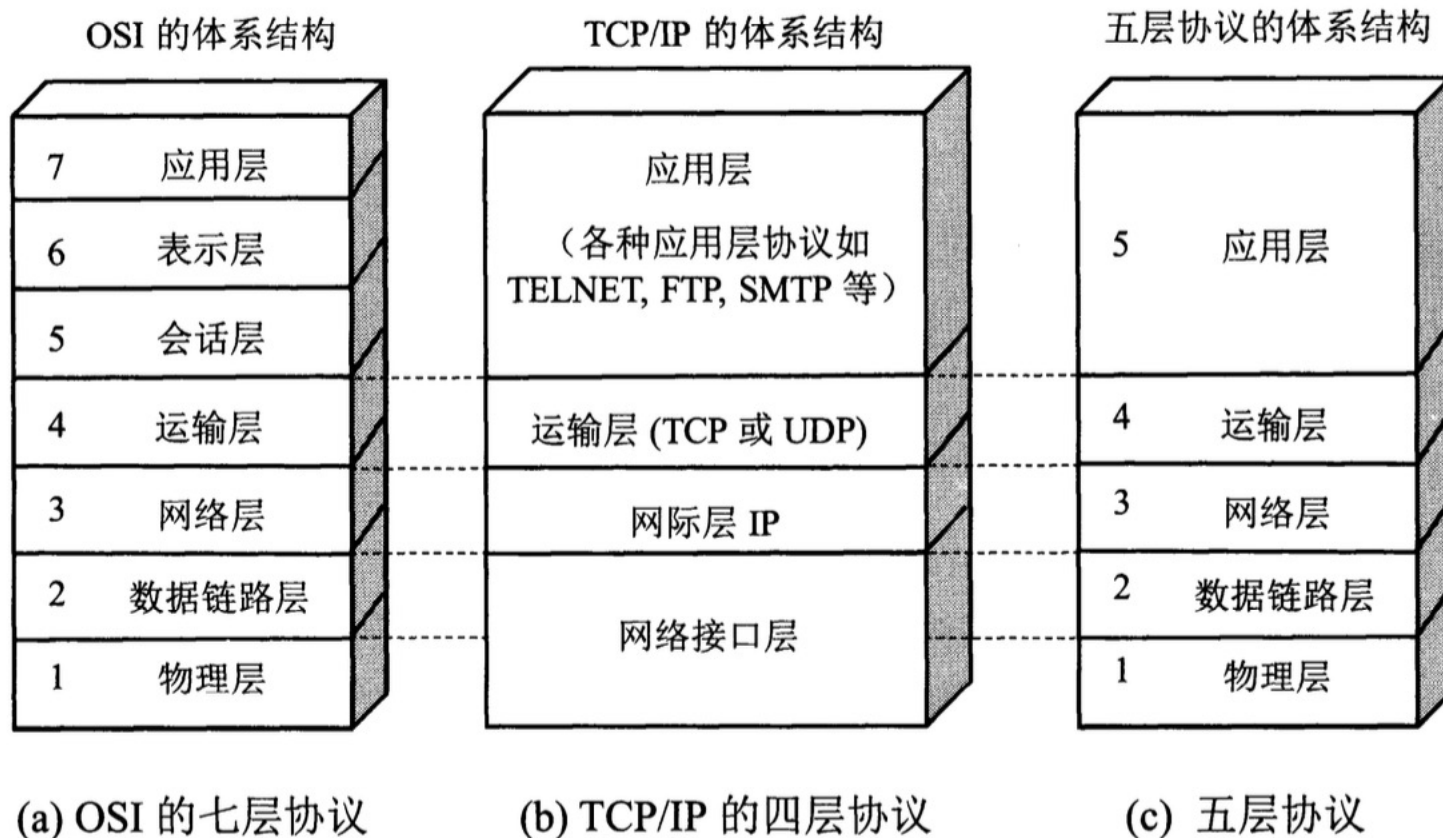
习题课

1. 五层协议的网络体系结构分别是哪五层，各层的主要功能是什么？

考察知识点

- 计算机网络体系结构（OSI模型与TCP/IP模型）的基本概念
- 计算机网络分层思想的理解

第一章: 概述



五层协议的网络体系结构分别为: **应用层、传输层、网络层、链路层和物理层。**

2. 收发两端之间的传输距离为1000km, 信号在媒体上的传播速率为 2×10^8 m/s。试计算以下两种情况的发送时延和传播时延:

(1) 数据长度为 10^7 bit, 数据发送速率为100kbit/s。

(2) 数据长度为 10^3 bit, 数据发送速率为1Gbit/s。

从以上计算结果可得出什么结论?

考察知识点

- 发送时延 (Transmission Delay) 概念和计算
- 传播时延 (Propagation Delay) 概念和计算

(1) 发送时延 发送时延(transmission delay)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。因此发送时延也叫做**传输时延**(我们尽量不采用传输时延这个名词,因为它很容易和下面要讲到的传播时延弄混)。发送时延的计算公式是:

$$\text{发送时延} = \frac{\text{数据帧长度 (bit)}}{\text{发送速率 (bit/s)}} \quad (1-1)$$

由此可见,对于一定的网络,发送时延并非固定不变,而是与发送的帧长(单位是比特)成正比,与发送速率成反比。

(2) 传播时延 传播时延(propagation delay)是电磁波在信道中传播一定的距离需要花费的时间。传播时延的计算公式是:

$$\text{传播时延} = \frac{\text{信道长度(m)}}{\text{电磁波在信道上的传播速率(m/s)}} \quad (1-2)$$

解答

- 1) 发送时延为 $100s$,
传播时延为 $5ms$ 。
发送时延远大于传播时延。
- 2) 发送时延为 $1\mu s$,
传播时延为 $5ms$ 。
发送时延远小于传播时延。

3.一副图像的分辨率为 1024×768 像素，每个像素用3字节表示。假设该图像没有被压缩。试问，通过56kbps的调制解调器传输这幅图像需要多长时间？通过1Mbps的线缆调制解调器呢？通过10Mbps的以太网呢？通过100Mbps的以太网呢？

考察知识点

- 图像数据量的计算（分辨率 \times 像素深度）。
- 传输时间的计算： $T = \text{数据量} / \text{传输速率}$ 。
- 不同单位之间的换算

解答

通过56kbps的调制解调器: 337.042s

通过1Mbps的线缆调制解调器: 18.874s

通过10Mbps的以太网: 1.887s

通过100Mbps的以太网: 0.189s

4.你有一条上海到北京的100Mbps专用链路可用于传输数据，假设你需要紧急传输 6×10^{12} 字节的重要数据，你认为应该通过这条链路传输数据，还是使用顺丰特快来交付？解释你的理由。

考察知识点

- 大数据传输的实际效率考量。
- 传输时间的计算： $T = \text{数据量} / \text{传输速率}$ 。
- 实际场景中对传输时间、成本和安全性的权衡。

解答

综合考虑时间效率, 成本, 安全可靠性能, 选择顺丰特快。

5.假定主机A要向主机B发送一个大文件。从主机A到主机B的路径串行了3段链路, 其速率分别为 $R_1 = 500\text{kbps}$, $R_2 = 2\text{Mbps}$, $R_3 = 1\text{Mbps}$ 。

(1)假定该网络中没有其他流量, 该文件传送过程中, 网络的吞吐量是多少?

(2)假定该文件为4MB.用吞吐量除以文件长度, 将该文件传输到主机B大致需要多长时间?

(3)重复(1)和(2), 但是将 R_2 减小到100kbps。

考察知识点

- **吞吐量 (Throughput):** 单位时间内通过某个网络 (或链路) 的实际数据量。
- **瓶颈链路 (Bottleneck Link):** 在一条通信路径上, 其传输速率最低的链路, 它决定了整条路径的最大吞吐量。
- 文件传输时间的计算。

解答

- (1) 500kbps.
- (2) 64 seconds. (此处计算将1024近似为1000, 若使用1024亦正确)
- (3) 100kbps, 320 seconds.

1. 请解释奈奎斯特信道容量定理和香农定理的基本概念，并说明它们对数据传输速率的影响。

考察知识点

- 奈奎斯特信道容量定理 (Nyquist Channel Capacity Theorem) 的基本概念、适用条件（无噪声信道）和公式 $C=2H\log_2 N$ 。
- 香农定理 (Shannon-Hartley Theorem) 的基本概念、适用条件（有噪声信道）和公式 $C=H\log_2(1+S/N)$ 。
- 两种定理之间的关系和区别：理想情况与现实情况的对比。

奈奎斯特信道容量定理主要关注在理想的、无噪声信道中，信号传输速率的上限。奈奎斯特信道容量定理给出的最大数据传输速率公式为： $C = 2H \log_2 N$ ，其中C代表信道容量，H代表信道带宽，N代表信号的离散电平数。

香农定理则是在考虑现实信道中的噪声的情况下，给出了信道容量的上限。香农定理的最大数据传输速率公式为： $C = H \log_2(1 + S/N)$ 。

影响：奈奎斯特信道容量定理和香农定理分析了信道的理论最大容量，奈奎斯特信道容量定理描述了无噪声信道中的理想情况，而香农定理则更接近现实，考虑了噪声的影响。

2. 某信道的信噪比 (SNR) 为30dB, 带宽为2MHz。根据香农定理, 求该信道的最大数据传输速率。

考察知识点

- 香农定理的公式应用: $C = H \log_2(1 + S/N)$ 。
- 信噪比单位的转换:
 - $SNR_{dB} = 10 \log_{10}(S/N)$
 - $S/N = 10^{(SNR_{dB} / 10)}$

解答

最大数据传输速率 $\approx 19.94 \text{ Mbps}$

3. 每1毫秒对一条无噪声4kHz信道采样一次。试问最大数据传输率是多少？如果信道上有噪声，且信噪比是30dB，试问最大数据速率将如何变化？

考察知识点

- 奈奎斯特信道容量定理和香农定理的结合应用。
- 理解“采样”与奈奎斯特定理的关系，尤其是在“无离散等级的模型”下的特殊解释。

解答

若每次采样产生16bits ,则最大速率为 $16 \times 8K = 128Kbps$ 。若每次采样1024bit 则最大速率为 $1024 \times 8K = 8Mbps$ 。

若信噪比为30dB, 最大速率为 $39.86Kbps$ 。

4.试计算工作在1200nm到1400nm之间以及工作在1400nm到1600nm之间的光波的频带宽度。假定光在光纤中的传播速率为 2×10^8 m/s.

考察知识点

- **光速、波长、频率之间的关系：** $c = \lambda f$ 或 $f = c/\lambda$.
 - c : 光速 (在光纤中通常为 2×10^8 m/s, 真空光速为 3×10^8 m/s)
 - λ : 波长 (米)
 - f : 频率 (赫兹)
- **频带宽度 (Bandwidth):** 最高频率与最低频率之差。

第二章: 物理层

解答

23.8 THz

17.86 THz

5. 分别计算在两个GEO（高度：35800千米）、MEO（高度：18000千米）和LEO（高度：750千米）卫星之间一个数据包的端-端传输时间。

考察知识点

- **卫星通信传输时延 (Propagation Delay):** $T=VD$, 这里指的是信号在空间中传播的时间。

解答

GEO的传输时间是239ms, MEO的传输时间是120ms , LEO的传输时间是5ms。

6.现在需要在一条光纤上发送一系列的计算机屏幕图像。屏幕的分辨率为 2560×1600 像素，每个像素24比特。每秒钟产生60幅屏幕图像。试问需要多少带宽？在1.30微米波段需要多少微米的波长？

考察知识点

- 所需带宽的计算：总比特率 = (分辨率 × 像素深度) × 帧率
- 频率与波长的关系
- 频带宽度与波长的关系

解答

5898 Mbps

$$\Delta\lambda = 3.3 * 10^{-5} \mu m$$

7. 共有四个站进行码分多址CDMA通信。四个站的码片序列为:

A: $(-1 \ -1 \ -1 \ +1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1)$

B: $(-1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1)$

C: $(-1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1 \ -1)$

D: $(-1 \ +1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1 \ +1 \ -1)$

现在收到这样的码片序列: $(-1 \ +1 \ -3 \ +1 \ -1 \ -3 \ +1 \ +1)$ 。问哪个站发送数据了? 发送数据的站发送的是1还是0?

考察知识点

- **码分多址 (CDMA) 的基本原理:** 使用正交码片序列进行数据传输和接收。

解答

A和D发送1, B发送0, C未发送数据。

1. 已知10BaseT以太网的争用时间片为 $51.2\mu s$ 。若网卡在发送某帧时发生了连续4次冲突, 则基于二进制指数退避算法确定的再次尝试重发该帧前等待的最长时间是_____

考察知识点

- **CSMA/CD 协议 (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)**: 载波侦听多点接入/冲突检测协议的基本工作原理, 主要用于共享介质的以太网。
- **二进制指数退避算法 (Binary Exponential Backoff Algorithm)**: 在发生冲突后, 站点如何确定再次发送的等待时间。

第三章: 数据链路层

解答

$768 \mu s$

2.假定1km长的CSMA/CD网络的数据率为1Gbit/s。设信号在网络上的传播速率为200000km/s。求能够使用此协议的最短帧长

考察知识点

- **CSMA/CD 最短帧长的必要性:** 确保在发送方发送完一个帧之前, 信号能够传播到网络的最远端并返回, 以便检测到可能发生的冲突。
- **冲突检测时间 (争用期):** 最长为 2τ , 即信号在网络中最远两端之间往返一次的时间。
- **最短帧长公式:** $L_{min} = R \times 2\tau$

第三章: 数据链路层

解答

1250字节.

3. 某局域网采用CSMA/CD协议实现介质访问控制, 数据传输速率为10Mb/s, 主机甲和主机乙之间的距离是2km, 信号传播速率是200000km/s。请回答下列问题, 要求说明理由或写出计算过程。

(1) 若主机甲和主机乙发送数据时发生冲突, 则从开始发送数据的时刻起, 到两台主机均检测到冲突为止, 最短需要经过多长时间? 最长需要经过多长时间 (假设主机甲和主机乙在发送数据的过程中, 其他主机不发送数据)?

(2) 若网络不存在任何冲突与差错, 主机甲总以标准的最长以太网数据帧 (1518字节) 向主机乙发送数据, 主机乙每成功收到一个数据帧, 就立即向主机甲发送一个64字节的确认帧, 主机甲收到确认帧后方可发送下一个数据帧。此时主机甲的有效数据传输速率是多少 (不考虑以太网的前导码)?

考察知识点

- CSMA/CD 最短和最长冲突检测时间的场景分析
- 以太网帧结构和有效数据传输速率

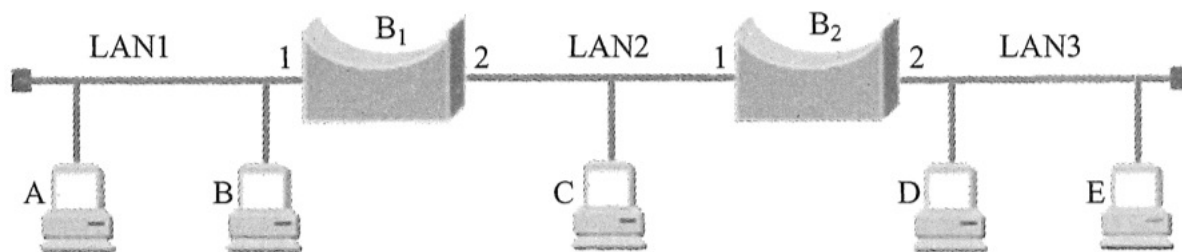
解答

(1) 0.01ms, 0.02ms.

(2) 9.33Mb/s

第三章: 数据链路层

4. 如下图所示, 5个站点分别连接在3个局域网, 并且用网桥B1和B2连接起来, 每个网桥都有两个接口(1和2)。初始时, 两个网桥中的转发表都是空的, 以后有以下各站向其他的站发送了数据帧: A发送给E, C发送给B, D发送给C, B发送给A。请把有关信息填写在下表中。(处理方式包括转发、丢弃或登记)



考察知识点

- 网桥 (Bridge) / 二层交换机 (Layer 2 Switch) 的工作原理
- 局域网 (LAN) 互联

解答

发送的帧	B1 的转发表		B2 的转发表		B1 的处理 (转发? 丢弃? 登记?)	B2 的处理 (转发? 丢弃? 登记?)
	地址	接口	地址	接口		
A→E	A	1	A	1	转发, 写入转发表	转发, 写入转发表
C→B	C	2	C	1	转发, 写入转发表	转发, 写入转发表
D→C	D	2	D	2	写入转发表, 丢弃不转发	转发, 写入转发表
B→A	B	1	无	无	写入转发表, 丢弃不转发	接收不到该帧

5. 要发送的数据为1101011011。采用CRC的生成多项式是 $P(x) = x^4 + x + 1$ 。试求应添加在数据后面的余数。数据在传输过程中最后一个1变成了0, 问接收端能否发现? 若数据在传输过程中最后两个1都变成了0, 问接收端能否发现?

考察知识点

- **CRC (Cyclic Redundancy Check) 循环冗余校验码:** 一种常用的差错检测技术。
- **生成多项式 (Generator Polynomial) $P(x)$:** CRC计算的关键
- **差错检测能力:** CRC能够检测出哪些类型的错误。

解答

添加的检验序列为1110

数据在传输过程中最后一个1变成了0, 接收端可以发现差错。

数据在传输过程中最后两个1都变成了0, 接收端可以发现差错。

1. 一台路由器在其路由表中包含以下CIDR条目:

地址/掩码	下一条
135.46.56.0/22	Interface 0
135.46.60.0/22	Interface 1
192.53.40.0/23	Router 1
默认	Router 2

对于以下每个IP地址, 当一个数据包带着该地址到达时, 路由器将如何处理 (即, 转发到哪个接口或路由) ?

- (a) 135.46.63.10
- (b) 135.46.57.14
- (c) 135.46.52.2
- (d) 192.53.40.7
- (e) 192.53.56.7

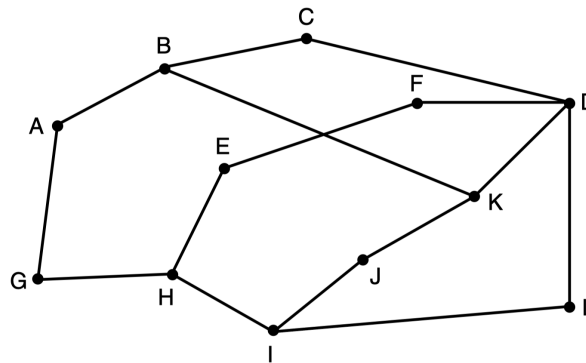
考察知识点

- CIDR (Classless Inter-Domain Routing) 无类别域间路由
- 路由表查找原理

解答

- (a) Interface 1
- (b) Interface 0
- (c) Router 2
- (d) Router 1
- (e) Router 2

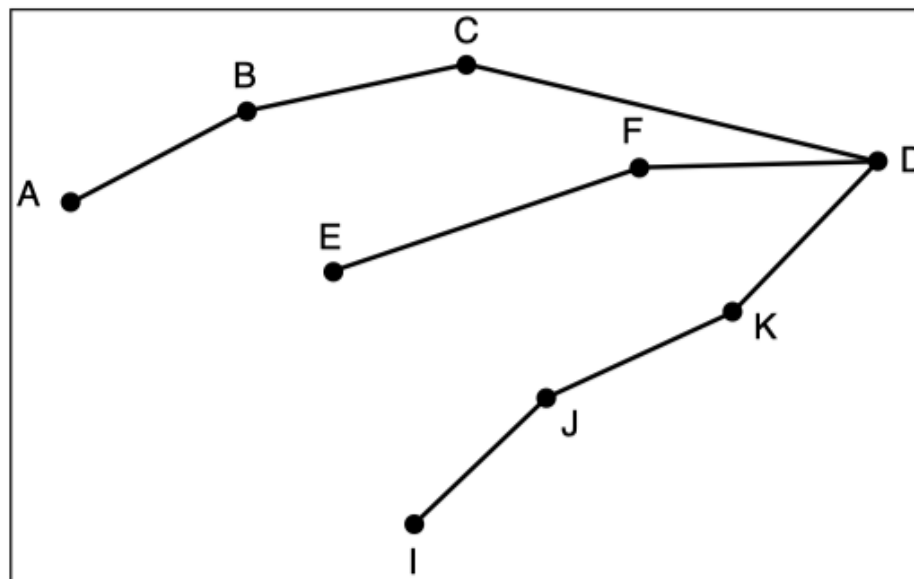
2. 请为以下网络中的路由器C计算一个多播生成树，该多播组的成员包括路由器A、B、C、D、E、F、I和K。



考察知识点

- **多播 (Multicast):** 一种一对多的通信模式，将数据包高效地发送给一组特定的接收者。
- **多播路由:** 路由器如何构建转发路径以支持多播。
- **生成树 (Spanning Tree):** 在多播中，生成树用于确保每个多播数据包只通过每条链路一次，避免环路和重复数据包。

解答



3. 一个令牌桶 (token bucket) 机制被用于流量整形 (traffic shaping)。每5微秒会向桶中放入一个新令牌。每个令牌可用于发送一个小数据包, 该数据包包含48字节的数据。问: 最大可持续数据速率是多少?

考察知识点

- **流量整形 (Traffic Shaping):** 令牌桶是其中一种机制, 用于控制数据发送速率, 使其符合预设的流量模式, 避免突发流量对网络造成拥塞。
- **令牌桶工作原理:** 令牌以固定速率生成并放入桶中。当数据包需要发送时, 它需要从桶中获取令牌。如果没有足够的令牌, 数据包就必须等待。桶的最大容量限制了突发流量的大小。

解答

76.8 Mbps

4.如果在一个由50个路由器组成的网络中, 路径代价以8位数 (8-bit) 表示, 且每秒进行两次距离向量 (distance vector) 交换, 那么分布式路由算法将消耗每条 (全双工) 链路多少数据速率? 假设每个路由器与其他路由器之间通过3条链路相连。

考察知识点

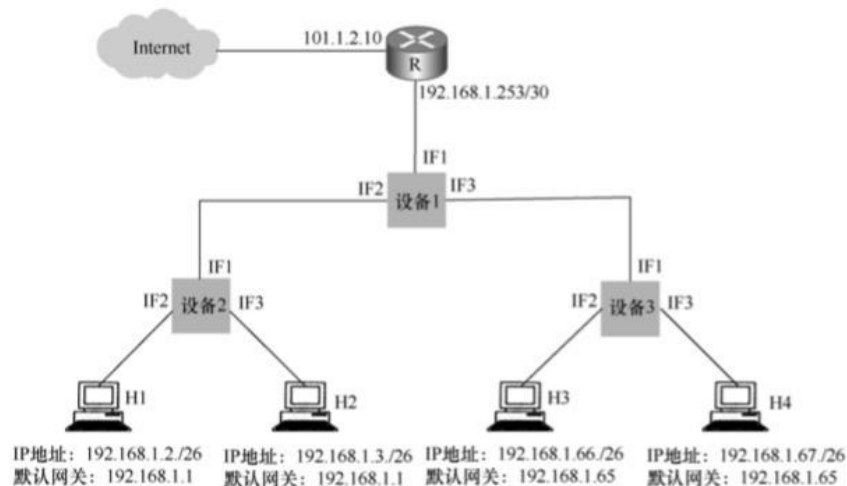
- **分布式路由算法 (Distributed Routing Algorithm)**
- **路由表交换:** 路由器之间定期交换路由信息以更新自己的路由表。
- **数据速率消耗**
- **全双工链路:** 数据可以同时两个方向上传输。

解答

800 bit/s

第四章: 网络层

5.某网络拓扑如下图所示，其中R为路由器，主机H1~H4的IP地址配置以及R的各接口IP地址配置如图中所示。现有若干以太网交换机（无VLAN功能）和路由器两类网络互联设备可供选择。



请回答下列问题:

- (1) 设备1、设备2和设备3分别应选择什么类型的网络设备?
- (2) 设备1、设备2和设备3中, 哪几个设备的接口需要配置IP地址? 为对应的接口配置正确的IP地址。
- (3) 为确保主机H1~H4能够访问Internet, R需要提供什么服务?
- (4) 若主机H3发送一个目的地址为192.168.1.127的IP数据报, 网络中哪几个主机会接收该数据报?

考察知识点

- **网络互联设备类型**: 路由器（三层设备，连接不同子网，进行IP层转发）、交换机（二层设备，连接同一子网，进行MAC层转发）。
- **子网划分 (Subnetting) 和 CIDR IP地址配置**
- **NAT (Network Address Translation) 网络地址转换**
- **IP数据报转发与广播地址**

解答

(1)设备1是路由器, 设备2和设备3是交换机。

(2)设备1的3个端口应该配置IP地址, 且根据所在网络应该做如下配置:

IF1: 198.168.1.254/30, IF2: 198.168.1.1/26

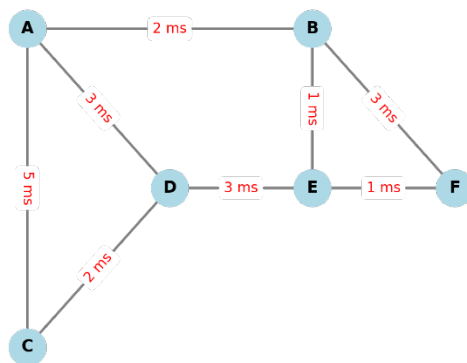
IF3: 198.168.1.65/26

(3)因为H1~H4都是私有地址, 因此R需要提供NAT服务, 实现私有IP到公有IP的映射。

(4)该数据报属于子网198.168.1.64/26, 且主机号全1为广播地址, 因此H4可以收到该数据报, H1和H2由于不在一个子网, 无法收到。

第四章: 网络层

6. 现有一个计算机网络拓扑图如下图所示（链路权值表示网络延迟，单位为毫秒ms）：



请回答下列问题：

- (1) 使用 Dijkstra 算法，以节点 A 为源节点，计算 A 到其他所有节点（B、C、D、E、F）的最短路径及其对应的开销。
- (2) 如果链路 B-F 的开销由原来的3ms 减少至1ms，请问从节点 A 到节点 F 的最短路径是否会发生变化？若变化，新的最短路径是什么，开销是多少？

考察知识点

□ Dijkstra 算法

解答

(1)

目的节点	最短路径	开销 (ms)
B	A→B	2
C	A→C	5
D	A→D	3
E	A→B→E	3
F	A→B→E→F	4

(2) 会变化, 路径为A→B→F, 开销为3ms。

7. 某单位分配到一个地址块136.23.12.64/26。现在需要进一步划分为4个一样大的子网。试问:

- (1) 每个子网的网络前缀有多长?
- (2) 每一个子网中有多少个地址。
- (3) 每一个子网的地址块是什么?

考察知识点

- **IP地址分类和CIDR:** 理解IP地址的二进制表示和子网掩码的作用。
- **子网划分原理:** 通过借用主机位来创建子网。
- **计算子网数量、每个子网的主机地址数量。**
- **计算每个子网的网络地址、广播地址和可用主机地址范围。**

解答

- (1) 每个子网前缀是28位。
- (2) 16个地址 (可用14个) 。
- (3) 4个子网的地址块分别是:
136.23.12.64/28, 136.23.12.80/28,
136.23.12.96/28, 136.23.12.112/28。

8. 下面前缀中哪一个和地址152.7.77.159及152.31.47.252都匹配? 请说明理由

- (1) 152.40/13;
- (2) 125.40/9;
- (3) 152.64/12;
- (4) 152.0/11。

考察知识点

- **CIDR 前缀匹配:** 判断一个IP地址是否属于某个CIDR网络前缀。
- **理解网络前缀的意义:** 路由器只看IP地址的网络部分, 主机部分可以是任意值。

解答

10011000 00000000 与这两个地址都匹配。

1.如果TCP往返时间RTT的当前值是30毫秒，紧接着分别在26、32、24毫秒确认到达，那么，若使用Jacobson算法，试问新的RTT估计值为多少？请使用 $a=0.9$ 。

考察知识点

- **TCP 往返时间 (RTT - Round Trip Time):** 数据包从发送到接收确认所需的时间。
- **加权平均算法 (Weighted Average) / Jacobson 算法:** 一种平滑 RTT 估计值的方法，通过对新测量值和旧估计值加权平均来获得更稳定的估计。

解答

分别为 29.6、29.84 和 29.256

2. 一台TCP机器正在通过一条1Gbps的信道发送满窗口的65535字节数据, 该信道的单向延迟为10毫秒。试问可以达到的最大吞吐量是多少? 线路的效率是多少?

考察知识点

- **TCP 窗口机制:** 发送方可以连续发送的最大未确认数据量 (窗口大小)。
- **线路效率 (Line Efficiency) / 利用率:** 实际吞吐量与信道理论最大速率之比。
- **往返时间 (RTT) 与发送窗口的关系。**

解答

最大数据速率约为330万字节/秒。线路效率为26.4Mbps/1000Mbps或2.6%。

3. 在一个网络中, 最大段长为128字节, 段的最大生存期为30秒, 序号为8位, 试问每个连接的最大数据率是多少?

考察知识点

- **TCP 序号 (Sequence Number) 的作用:** 确保数据有序和可靠传输。
- **最大段生存期 (MSL - Maximum Segment Lifetime):** 数据包在网络中允许存在的最长时间。

第五章: 运输层

解答

8.704kbps

4. 主机A和B经一条TCP连接通信, 并且主机B已经收到了来自A的长为123字节的所有字节。假定主机A随后向主机B发送两个紧接着的报文段, 第一个和第二个报文段分别包含了80字节和40字节的数据。在第一个报文段中, 序号是123123, 源端口号是2025, 目的地端口号是80。假定无论何时主机B接收到来自主机A的报文段, 它都会发送确认。

- 1) 在从主机A发往B的第二个报文段中, 序号、源端口号和目的端口号各是什么?
- 2) 如果第一个报文段在第二个报文段之前到达B, 在第一个到达报文段的确认中, 确认号、源端口号和目的端口号各是什么?
- 3) 如果第二个报文段在第一个报文段之前到达B, 在第一个到达报文段的确认中, 确认号是什么?
- 4) 假定由A发送的两个报文段按序到达B, 第一个确认丢失了而第二个确认在第一个超时时间间隔之后到达。画出时序图, 显示这些报文段和发送的所有其他报文段和确认 (假设没有其它分组丢失), 标出序号和数据的字节数量。

考察知识点

- **TCP 报文段结构**: 序号、确认号、源端口号、目的端口号
- **TCP 的可靠传输机制**: 确认丢失、超时重传、乱序到达的处理。
- **时序图 (Sequence Diagram)**: 绘制网络通信事件的顺序和时间关系。

解答

- 1) 序号为 $123123+80$, 源端口号为2025, 目的端口号为80;
;
- 2) 确认号为 $123123+80$, 源端口号为80, 目的端口号为2025;
- 3) 确认号为123123;