

习题1:

3.

电路交换通信前需建立专用物理电路（如电话拨号），通信期间独占资源，分组交换无需专用电路，数据被拆分为分组，通过共享链路“存储 - 转发”传输

电路交换

优势：

通信时延小（无分组转发开销）；
数据传输无抖动（独占资源，速率稳定）；
适用于实时性高的场景（如语音通话）。

劣势：

资源利用率低（电路空闲时资源也无法被其他通信使用）；
灵活性差（电路建立后无法动态调整资源）；
不适合突发式数据传输（如网页浏览）。

分组交换

优势：

资源利用率高（链路被多通信共享）；
灵活性强（支持多设备同时通信，适应突发流量）；
容错性好（某路径故障时，分组可切换其他路径）。

劣势：

通信时延不确定（分组需排队、转发，存在时延抖动）；
需额外开销（分组头部占用带宽，路由器需处理分组）；
不适合严格实时的场景（如高质量语音 / 视频，需配合 QoS 优化）。

习题2:

3、

采用面向连接的分组交换技术的是：

X.25 分组交换数据网络

帧中继

TCP/IP 互联网采用的是无连接的分组交换技术。

6、

主要设计目标：

高可靠性与健壮性，异构网络互联，可扩展性，资源共享，低延迟的通信

首要目标：

可靠性（Robustness）是 ARPANET 和互联网设计中最重要的指导原则，确保在部分网络遭受破坏或故障时，网络仍能继续正常工作和通信

7、

使互联网能够容纳各种异构网络并快速扩展的关键设计要素是互联网协议 (IP) 及其分层体系结构

8、

互联网体系结构设计中有两个最重要的基本原则：

分层原则 (The Layering Principle)

端到端原则 (The End-to-End Principle)

9、

将传输可靠性实现在端系统上的根本原因是为了遵循端到端原则，目的是简化核心网络，使其提供一个灵活、健壮、高效的“尽力而为”服务，同时将复杂的、对应用真正有价值的控制功能（如可靠性）放在端系统实现

11、

主要任务是在物理链路上提供可靠的数据传输服务，将网络层的数据报封装成帧进行传输，需要解决以下问题

帧定界，识别一个数据帧的开始和结束，以便接收方能正确地将数据流分割成独立的帧

差错控制，数据在物理链路上传输时可能发生错误，使用差错检测编码来检测错误

流量控制，确保发送方的发送速率不超过接收方的接收和处理速率，防止接收方缓冲区溢出

12、

数据链路层，作用于相邻节点之间，控制相邻节点间的帧发送速率，防止接收节点的缓冲区溢出

传输层，作用于端到端的主机进程之间，控制源端主机向目的端主机发送报文段的速率，防止目的端主机的应用缓冲区或内核缓冲区溢出。

13、

需要，网络层主要通过路由算法、资源预留和拥塞预防/通知机制来管理和控制网络核心的拥塞。

流控是点对点或端到端的，是预防性的，用于协调两个实体之间的速度差异。

拥塞控制是全局性的，用于解决网络中多方竞争资源导致的性能下降问题

16、

TCP是面向连接的可靠传输。提供确认、重传机制、有流量控制，传输效率低

UDP是无连接的不可靠传输。不保证交付，尽力而为，无流量控制，传输效率高

UDP 在互联网中是不可或缺的，主要原因如下：

开销小，传输效率高： UDP 没有连接建立、拆除、序号、确认、重传等复杂机制，其 8 字节的头部开销非常小，使得数据能以最快的速度传输，适用于对延迟要求高的应用。

应用层控制： 使用 UDP 可以让应用层拥有完全控制权。

支持广播/多播： TCP 是一对一的连接，而 UDP 支持一对多的广播和多播通信。

简单的请求/响应： 对于 DNS 这种只需要发送一个请求并期待一个简单响应的应用，使用无连接的 UDP 效率更高。

17、

主要作用是：

异构网络互联： 作为公共的协议，将不同物理网络（如以太网、Wi-Fi、光纤等）连接起来，在逻辑上形成一个统一的互联网。

分组转发/路由： 负责将 IP 分组从源主机通过一系列路由器转发到目的主机，实现端到端的通信。

寻址： 提供全球唯一的 IP 地址作为标识，以便路由器能正确找到分组的最终目的地。

18、

在源主机

应用层： 应用程序生成数据，并交给下一层。传输层： 数据被分割成段，添加TCP/UDP 头部，封装成传输层报文段。网络层（IP 层）： 报文段添加 IP 头部，包括源 IP 地址和目的 IP 地址。封装结果成IP 数据报。数据链路层： IP 数据报添加链路层头部和尾部，包括源 MAC 地址和目的 MAC 地址。封装结果成帧。物理层： 帧被转换为比特流，通过物理介质（如电缆、无线电波）发送出去

在中间路由器

路由器只工作在物理层、数据链路层和网络层。接收比特流并解封装到数据链路层，检查帧头。解封装到网络层，检查 IP 头部中的目的 IP 地址。根据路由表决定下一跳路径。在出接口，数据报在数据链路层进行重新封装（使用新的 MAC 地址），再次通过物理层发送出去。

在目的主机

物理层： 接收比特流。

数据链路层： 组装成帧，检查帧头部（确认 MAC 地址是自己），去掉帧头/帧尾。

网络层： 检查 IP 头部（确认 IP 地址是自己），去掉 IP 头部，将数据报交给传输层。

传输层：检查 TCP/UDP 头部中的目的端口号，将数据交给正确的应用进程，去掉传输层头部。

应用层：应用进程接收数据，完成通信。

19；

处理延迟 在每个路由器上检查分组头部、查找路由表以及进行差错校验所需的时间

排队延迟 分组在路由器输出端口的缓冲区中等待被发送到链路上的时间

传输延迟 将分组的所有比特推到链路上的时间。

传播延迟 比特信号在物理链路上从发送端传播到接收端所需的时间

导致端到端时延增大的主要因素是：

网络拥塞：导致排队延迟急剧增加。

路由跳数增加：经过的路由器越多，处理延迟和排队延迟的累加次数就越多。

分组长度增加：导致传输延迟增加。

通信距离远：导致传播延迟增加。

习题3：

3、

根据奈奎斯特定理公式：

$$C = 2H \log_2 V$$

带宽 $H = 5\text{MHz} = 5 \times 10^6\text{Hz}$

信号级数 $V = 4$

$$C = 2 \times (5 \times 10^6) \times \log_2 4$$

$$C = 10 \times 10^6 \times 2$$

$$C = 20 \times 10^6 \text{ b/s}$$

$$C = 20 \text{ Mbit/s}$$

每秒最多可以发送 20 Mbit 的比特。

4、

根据香农定理公式：

$$C = H \log_2(1 + S/N)$$

- 带宽 $H = 4\text{GHz} = 4 \times 10^9\text{Hz}$
- 信噪比 (SNR_{dB}) = 50dB

将 SNR_{dB} 转换为 S/N (比值)：

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10}(S/N)$$

$$50 = 10 \log_{10}(S/N)$$

$$\log_{10}(S/N) = 5$$

$$S/N = 10^5 = 100,000$$

代入香农公式计算 C ：

$$C = (4 \times 10^9) \times \log_2(1 + 100,000)$$

由于 100,000 远大于 1， 可以近似为：

$$C \approx (4 \times 10^9) \times \log_2(100,000)$$

计算 $\log_2(100,000)$ ：

$$\log_2(100,000) = \frac{\log_{10}(100,000)}{\log_{10} 2} = \frac{5}{0.30103} \approx 16.6096$$

$$C \approx (4 \times 10^9) \times 16.6096$$

$$C \approx 66.438 \times 10^9 \text{ b/s}$$

5、

成立

奈奎斯特定理与物理介质无关，只要是无噪声、带宽受限、线性时不变信道就成立，因此对单模光纤和铜线都成立。实际系统还会受噪声、色散/失真等影响，难以达到该上限

6、

数据传输速率 = (水平分辨率 × 垂直分辨率) × 每个像素的位数 × 帧率

- 水平分辨率 = 1920 像素
- 垂直分辨率 = 1080 像素
- 每个像素的位数 = 24 bit/像素 (对应真彩色)
- 帧率 = 60 帧/秒

计算：

$$C = (1920 \times 1080) \times 24 \text{ bit/像素} \times 60 \text{ 帧/秒}$$

$$1920 \times 1080 = 2,073,600 \text{ 像素/帧}$$

$$C = 2,073,600 \times 24 \times 60 \text{ b/s}$$

$$C = 2,985,984,000 \text{ b/s}$$

单位转换：

$$C = \frac{2,985,984,000}{10^6} \text{ Mbit/s} \approx 2985.98 \text{ Mbit/s}$$

$$C \approx 2.986 \text{ Gbit/s}$$

所需的数据传输速率约为 2.99 Gbit/s。

10、

根据香农定理公式：

$$C = H \log_2(1 + S/N)$$

计算原始的信噪比 S/N_1

已知条件：

- 原始速率 $C_1 = 33 \text{ kb/s} = 33,000 \text{ b/s}$
- 带宽 $H = 3100 \text{ Hz}$

将 C_1 代入公式：

$$33000 = 3100 \times \log_2(1 + S/N_1)$$

$$\log_2(1 + S/N_1) = \frac{33000}{3100} \approx 10.645$$

$$S/N_1 = 1599 - 1 \approx 1598 \text{ 倍}$$

计算目标速率 C_2

目标速率 C_2 需要比 C_1 增加 30%：

$$C_2 = C_1 \times (1 + 30\%)$$

$$C_2 = 33000 \times 1.30 = 42,900 \text{ b/s}$$

计算目标信噪比 S/N_2

将 C_2 代入香农公式：

$$42900 = 3100 \times \log_2(1 + S/N_2)$$

$$\log_2(1 + S/N_2) = \frac{42900}{3100} \approx 13.839$$

$$1 + S/N_2 = 2^{13.839}$$

$$2^{13.839} \approx 14643.5$$

$$S/N_2 = 14643.5 - 1 \approx 14642.5 \text{ 倍}$$

计算信噪比增大的倍数

信噪比增大的倍数 K 为：

$$K = \frac{S/N_2}{S/N_1}$$

$$K = \frac{14642.5}{1598} \approx 9.16$$

所以若想使最大信道传输速率增加 30%，则信噪比 S/N 应增大到约 9.16 倍。

11

原因：把一条高容量/宽带的物理信道在时间、频率、空间或码域上分割给多个低速业务/用户共享，提升链路利用率、增加吞吐量、降低成本并便于管理与隔离。

常见多路复用技术：

频分复用 (FDM)

时分复用 (TDM：同步/统计TDM)

码分复用 (CDM/CDMA)

波分复用 (WDM，用于光纤)

空分复用 (SDM，包括多天线MIMO等；光纤还常见偏振复用PDM)