​​【题目1】

（1）

​ 电路交换​：在通信开始前，必须在通信双方之间建立一条专用的端到端物理通路（即“电路”）。在整个通信过程中，该通路一直被独占，即使没有数据传输，其他用户也无法使用，直至连接被释放。典型例子是传统电话网。

​ 分组交换​：将待传输的数据分割成一个个带寻址信息的分组。每个分组独立地在网络中选择路径传输（存储-转发）。网络中的链路和节点资源被所有用户的分组共享（统计复用），而非独占。

（2）

​ 本质区别对比​：

​ ①信道资源共享方式​：电路交换采用静态的、预分配的独占式共享，资源利用率低。分组交换采用动态的、按需的统计复用式共享，资源利用率高。

②​传输可靠性保障​：电路交换的可靠性依赖于已建立的物理通路，通路中断则通信中断。分组交换的可靠性由终端系统（如使用TCP协议）​​ 和网络协议共同保障，网络故障可通过路由切换避免，更具鲁棒性。

（3）

​ 紧急语音通信​：从纯技术特性看，更接近电路交换。因为其需要固定的带宽和极低的、稳定的延迟，电路交换的独占信道特性天然满足此需求。

​ 环境监测数据传输​：更非常适合分组交换。因为其数据量小、突发、间歇性传输，分组交换的统计复用特性可以高效利用带宽，避免资源浪费。

​（4）

​ 方案​：整个网络采用基于IP的分组交换网络作为统一基础架构。对于语音服务，通过在其之上实施一系列服务质量（QoS）机制​来保障体验。

​ 论证​：选择分组交换作为主导方案的核心原因在于其极高的带宽利用率，这完美契合了“带宽资源极其宝贵”的约束。分组交换的统计复用特性允许所有服务（语音和数据）动态共享同一带宽资源，在整体上远比为其分别建立独占的电路更加高效和经济。此外，其鲁棒性、灵活性和易于扩展的特点也使其成为构建通用全球网络（互联网）的不二之选。

​（5）

​ 潜在问题​：分组交换会为语音通信带来可变延迟​、排队延迟甚至分组丢失。因为语音分组需要与其他数据分组在路由器中排队等待转发，网络拥塞时延迟会不稳定，严重影响通话质量。

（6）

①​流量分类与优先级队列​：路由器能够识别语音分组的IP头或TCP/UDP端口号，将其标记为高优先级。路由器为高优先级分组配置优先队列，使其能够跳过普通数据的排队等待，被优先转发，从而显著降低延迟和抖动。

​ ②资源预留​：类似于电路交换思想的延伸，网络中的路由器可以为此特定语音流预留一部分带宽和缓冲区资源，确保其传输始终畅通。这可以通过如RSVP等协议实现。

​​ ③​使用UDP而非TCP​：语音通话通常采用UDP协议传输，因为TCP的重传机制会增加延迟（重传一个丢失的语音包可能已经来不及了）。语音应用本身会通过编码技术容忍一定的丢包，而非等待重传，以保证实时性。

【题目2】

（1）

​①

带宽 R = 1 Gbps = 1 × 10⁹ b/s

比特时间 = 1 / R = 1 / (1 × 10⁹) = ​10⁻⁹ 秒​ 或 ​1 纳秒​

​②

文件大小 L = 12.5 MB = 12.5 × 2²⁰ Bytes = 12.5 × 1024 × 1024 × 8 bits = ​104,857,600 bits​

传输时延 D\_trans = L / R = 104,857,600 / (1 × 10⁹) = ​0.1048576 秒​ ≈ ​104.86 ms​

​③

传播时延 D\_prop = 5 ms = 0.005 s

总时延 = 传输时延 + 传播时延 = 104.86 ms + 5 ms = ​109.86 ms​

④

RTT = 2 × D\_prop = 2 × 5 ms = ​10 ms​

​⑤

时延带宽积 = R × D\_prop = (1 × 10⁹ b/s) × (0.005 s) = ​5,000,000 bits​ (5 Mb)

​物理意义​：代表了链路的“管道容量”，即从发送方发出第一个比特开始，到该比特到达接收方为止的这段时间内，发送方最多能向链路上注入的比特数量。

​⑥

信道占用总时间 = 总时延 = 109.86 ms

信道实际用于传输数据的时间 = 传输时延 = 104.86 ms

平均利用率 = (实际传输时间 / 占用总时间) × 100% = (104.86 ms / 109.86 ms) × 100% ≈ ​95.45%​​

（2）

​​ 传输时延是将数据的所有比特“发射”到链路上所需的时间。它取决于数据块的大小（L）​​ 和链路带宽（R）​​（D\_trans = L / R）。

​传播时延是一个比特信号在链路上从起点传播到终点所需的时间。它取决于链路的物理长度（d）​​ 和信号传播速度（v）​​（D\_prop = d / v）。

​（3）

​带宽是链路所能提供的理论最大数据传输速率，是链路的物理属性。

​吞吐量是端到端实际测得的数据传输速率。

在本题的理想场景​（无其他流量、无丢包、无协议开销）下，实际吞吐量等于文件大小除以总时间，即 104,857,600 bits / 0.10986 s ≈ ​954.5 Mbps。它略低于1 Gbps的带宽，原因正是第二部分第6题计算出的利用率（95.45%）小于100%。

​（4）如果一条链路的时延带宽积很小，通常意味着这是一条短距离或低带宽的链路，其“管道”容量有限。

（5）​带宽提升至10 Gbps

①传输时延​： D\_trans\_new = L / R\_new = 104,857,600 / (10 × 10⁹) = ​0.01048576 s ≈ 10.49 ms。变为原来的约十分之一（104.86 ms -> 10.49 ms）。

②总时延​： 总时延\_new = D\_trans\_new + D\_prop = 10.49 ms + 5 ms = ​15.49 ms。显著降低。

③​吞吐量​： 吞吐量 ≈ 文件大小 / 总时延\_new = 104.86 Mb / 0.01549 s ≈ ​6770 Mbps。显著提高，更接近新的带宽（10 Gbps）。

​（6）传播时延增大至250 ms​

①​总时延​： 总时延\_new = D\_trans + D\_prop\_new = 104.86 ms + 250 ms = ​354.86 ms。显著增加。

②​吞吐量​： 吞吐量 ≈ 文件大小 / 总时延\_new = 104.86 Mb / 0.35486 s ≈ ​295.4 Mbps。显著下降（相对于1 Gbps带宽），因为传播时延占用了大量时间。

③​时延带宽积​： 时延带宽积\_new = R × D\_prop\_new = (1 × 10⁹) × 0.25 = ​250,000,000 bits (250 Mb)​。变得非常大。

​ 对网络设计的启示​： 高时延带宽积链路（如卫星链路、长距离高速光纤）要求发送端和接收端具有非常大的缓存空间​（Buffer）来存放那些已发出但尚未被确认的数据。同时，它也凸显了开发高效传输协议（如TCP）来管理这些“在途数据”的重要性。

【题目3】

（1）​核心思想​：将复杂的网络通信过程划分为若干个层次分明、功能相对独立的模块。

优点1​：各层之间相互独立，层间接口清晰，易于实现和维护。

​优点2​：灵活性好，任何一层的变化只要不影响接口，就不会影响其他层。

（2）

网络层的核心任务是实现数据包 across different networks​ 的逻辑寻址和路由选择​（从源主机到目的主机）。

​ 传输层的核心任务是提供进程到进程的端到端的可靠或不可靠的传输服务。

​ 好处​：这种划分实现了通信子网（下三层）​​ 与资源子网（上四层）​​ 的分离，使得网络设计者可以专注于通信基础设施的建设，而应用开发者可以专注于上层服务的实现，二者解耦，大大提升了设计的灵活性。

【题目4】

​（1）实践性​：

​ TCP/IP协议先于模型出现且已在互联网上大规模部署和应用，实践证明了其可行性和有效性，具有“先发优势”。

​ OSI模型协议实现复杂，运行效率较低；而TCP/IP协议相对简单高效，更利于推广。

（2）​设计哲学​：

​ OSI模型概念清晰但理想化，严格的分层在某些情况下（如寻址、流量控制）存在重复，不够实用。

​ TCP/IP模型更注重实用主义，允许跨层使用，设计上以“够用”为原则，更能满足实际网络的需求。

# ​