传输层

1. 概述

- 传输层的功能
  - 为应用层提供端到端的逻辑通信，不管物理网络的差异性如何
  - 复用和分用
  - 差错检测与恢复
  - 提供流量控制和拥塞控制
- 传输层协议：TCP和UDP，**但是网络层只提供尽力而最的服务**
- 传输层寻址
  - 应用进程通信，需要知道对方的IP地址和端口号
  - 发送端封装：将应用层报文加上TCP/UDP首部，形成传输层报文，再交给下层网络层
  - 接收端解封：网络层把报文交给传输层，传输层根据端口号找到对应的应用进程，最后将报文交给应用进程
  - 端口号的作用是为了区分同一台主机上的不同应用进程

2. 传输层提供多路复用和多路分解

- 多路复用和多路分解
- 无连接多路复用和多路分解（UDP）
- 面向连接多路复用和多路分解（TCP），每条连接由四元组唯一确定：源IP、源端口、目的IP、目的端口

- 多个客户端（host A、host C）访问同一个服务器（host B）的80端口，TCP会为每个客户端建立一条独立连接，服务器通过四元组区分这些连接

3. 两种多路复用/分解

- 无连接多路复用和多路分解：仅目的端口号决定报文去向，不考虑源端口和源IP
- 面向连接多路复用和多路分解：目的端口号、源端口号、源IP、目的IP共同决定报文去向，实现一对一的连接隔离

4. 无连接传输：UDP

4.1. 概述

- 特点：无连接、尽力而最、不可靠、无拥塞控制、无流量控制、无顺序保证、无重传、无确认
- 适用场景：对实时性要求高、可以容忍丢包的应用（如视频、语音、游戏）

4.2. UDP报文结构

- 固定4个字段，共8字节，无可变长选项
- 各字段作用：
  - 源端口：标识发送方应用进程，接收方回复时作为目的端口
  - 目的端口：标识接收方应用进程，决定报文交给哪个应用
  - 长度：表示UDP报文的总长度（首部+数据），以字节为单位
  - 校验和：用于检测报文在传输过程中是否发生错误

4.3. UDP校验和checksum

- 目的：检测UDP报文在传输过程中是否发生差错
- 计算范围：伪首部 + UDP首部 + 应用数据
- 伪首部：用于检测IP层错误，不实际发送，仅参与校验计算
  - 源IP地址
  - 目的IP地址
  - 保留字段（全0）
  - 协议号（UDP为17）
  - UDP报文长度
- 校验和计算步骤：
  - 发送方：将伪首部、UDP首部（校验和字段暂填0）、应用数据拼接成一个大报文，按16位分组求反码和，结果写入校验和字段
  - 接收方：重新计算校验和，若结果为全1则表示无错误，否则丢弃报文

5. 传输层可靠数据传输（RDT）

- 核心问题：如何在不可靠的网络上实现可靠的数据传输

6. 可靠数据传输协议（rdt）

6.1. 完美信道（rdt1.0）

- 假设：信道既不丢包也不出错
- 发送方：从应用层接收数据，直接发送
- 接收方：从信道接收数据，直接交给应用层

rdt_send(data)
rdt_send(data)
rdt_send(data)