

COMP 3721数据通信导论

11b - 第11周 - 第2部分

学习成果

- 在本讲座结束时，您将能够
 - 解释传输层服务有哪些。
 - 解释UDP的工作原理及其特点。

简介

- 传输层为应用层提供服务，并从网络层接收服务。
- 它是端到端的逻辑载体，用于通过互联网将数据从一个点传输到另一个点（即从源到目的地）。

应用层

运输

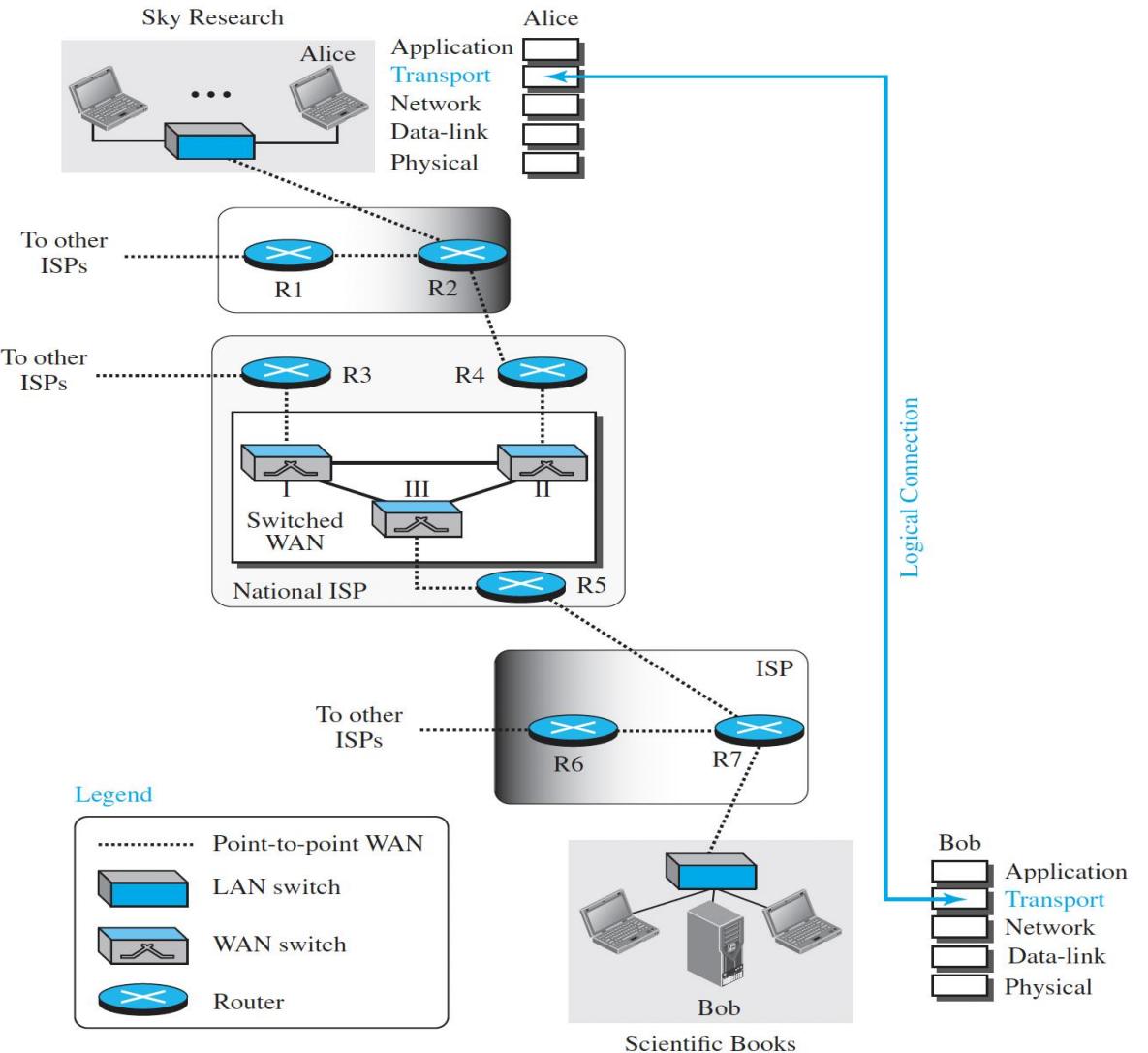
网络层

数据链路层

物理

传输层的逻辑连接

- 只有两个 端系统 (即 Alice 和 Bob 的计算机) 使用 传输层的 传输层。
- 所有 中间路由器 仅使用 前三个层



传输层与网络层

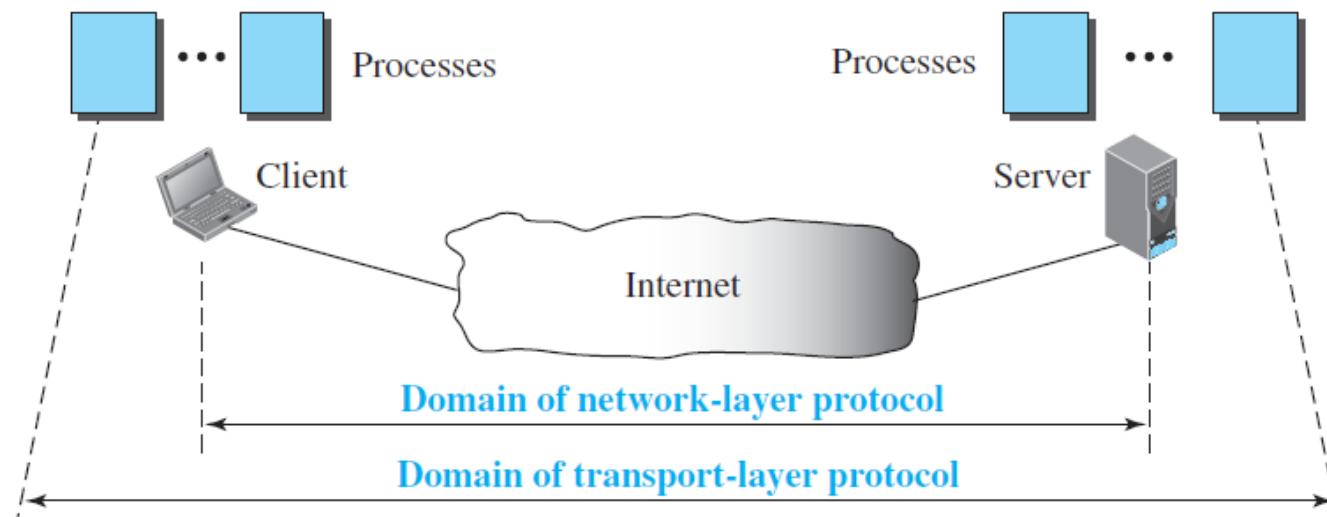
- 网络层负责计算机级别的通信（**主机到主机的通信**）。
 - 网络层协议只能将消息传递到目标计算机。然而，这还是一种不完整的交付。
- 消息仍需递交给**正确的进程**。
 - 此时由传输层协议接管（**进程到进程通信**）。
- 传输层协议负责将消息传递给适当的进程。

传输-层服务

- 提供 **进程到进程** 通信
- 寻址： **端口号**
- 封装与解封装
- 多路复用与分路复用
- **流量控制**
- **错误控制**

进程到进程通信

- **进程**: 是使用传输层服务的应用层实体（正在运行的程序）。
- 实现进程到进程通信的最常见方式是**进程到进程通信**，即**客户端/服务器模式**。
 - 两个应用层之间的**进程到进程通信**由以下两方提供：一个位于本地主机（**客户端**），另一个位于远程主机（**服务器**）。

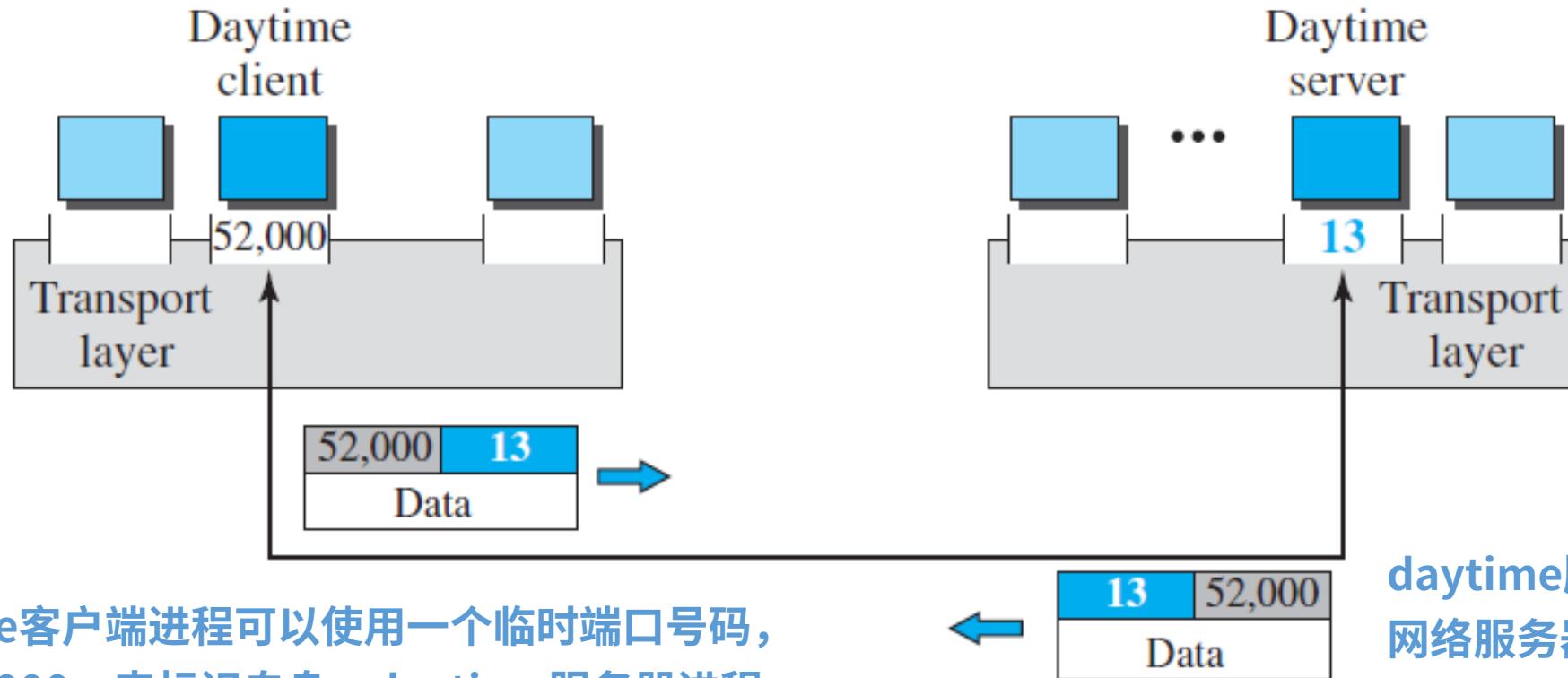


寻址：端口号

- 端口号在传输层提供端到端的地址。
- 为了通信，我们必须定义本地主机、本地进程、远程主机和远程进程。
 - 本地主机和远程主机 → 通过 **IP地址** 定义
 - 进程 → 通过 **端口号** 定义
- **端口号**：介于0到65,535之间的整数（16位）
- 客户端程序的**端口号**称为**临时/短暂端口号**，且**大于 1023**。
- 服务器进程的**端口号**称为**众所周知的端口号**。

众所周知的端口号 ≤ 1023

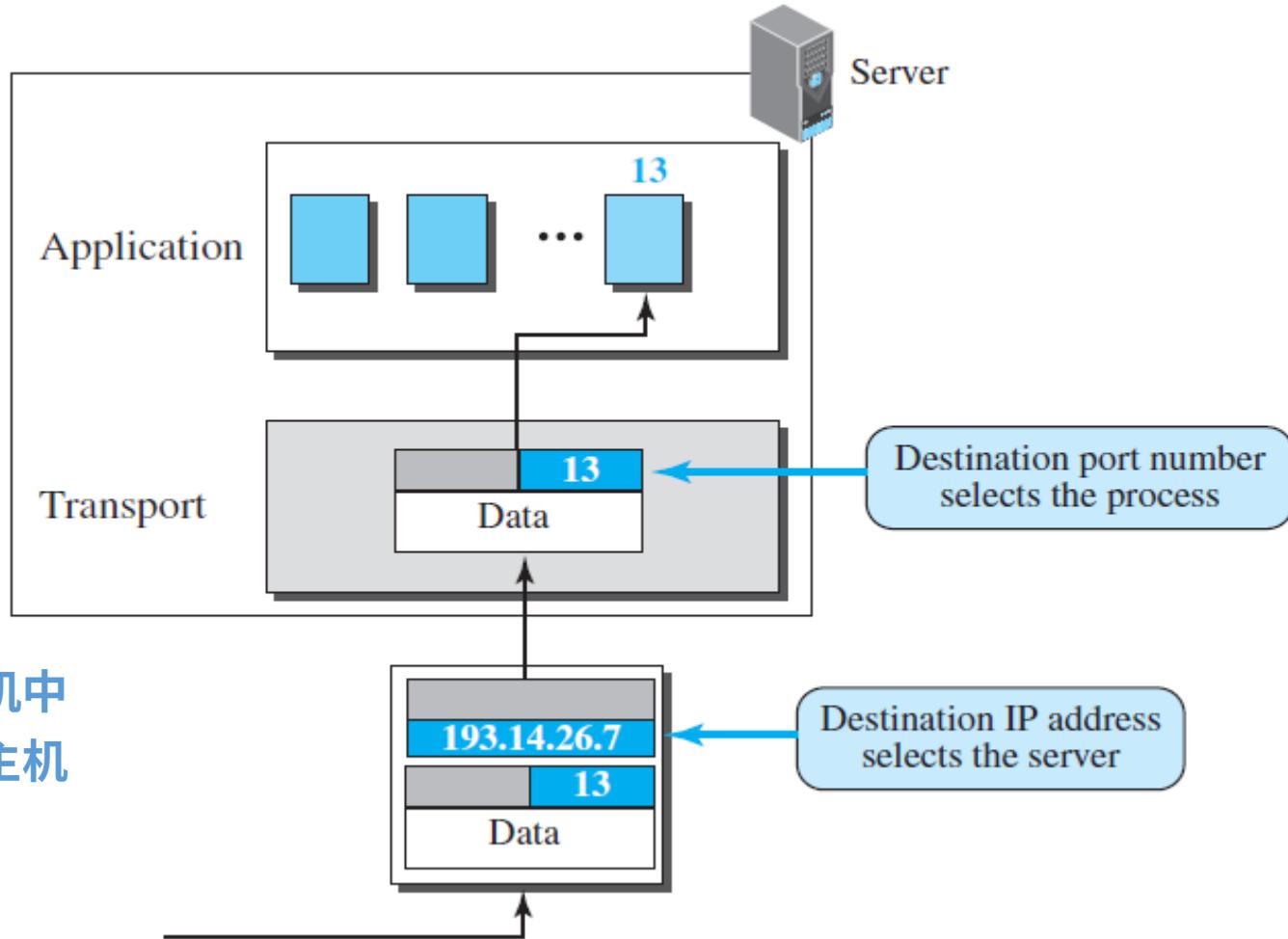
寻址：端口号



daytime客户端进程可以使用一个临时端口号，例如52,000，来标识自身。daytime服务器进程必须使用众所周知的（永久性）端口号13。

daytime服务器是一种网络服务器，可响应来自daytime客户端的请求，并返回当前的日期和时间。

IP地址与端口号

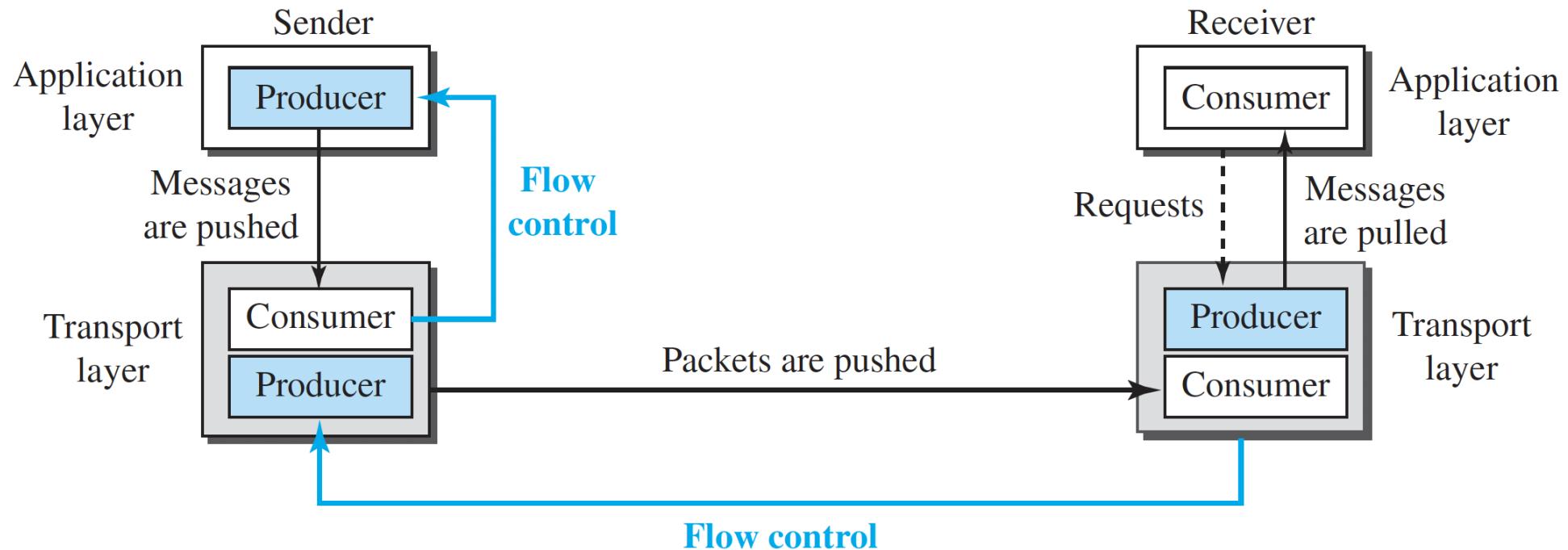


目标IP地址用于在全世界不同的主机中
确定目标主机端口号则用于确定该主机
上的某个进程。

套接字地址

- 一个 **套接字地址** 是 IP 地址 和 端口号 的组合。
- 客户端套接字地址 **唯一地定义了** 客户端进程，正如 服务器套接字地址 **唯一地定义了** 服务器进程 一样。
- 为了使用因特网上传输层的服务，我们需要 **一对套接字地址**：客户端套接字地址和服务器套接字地址。

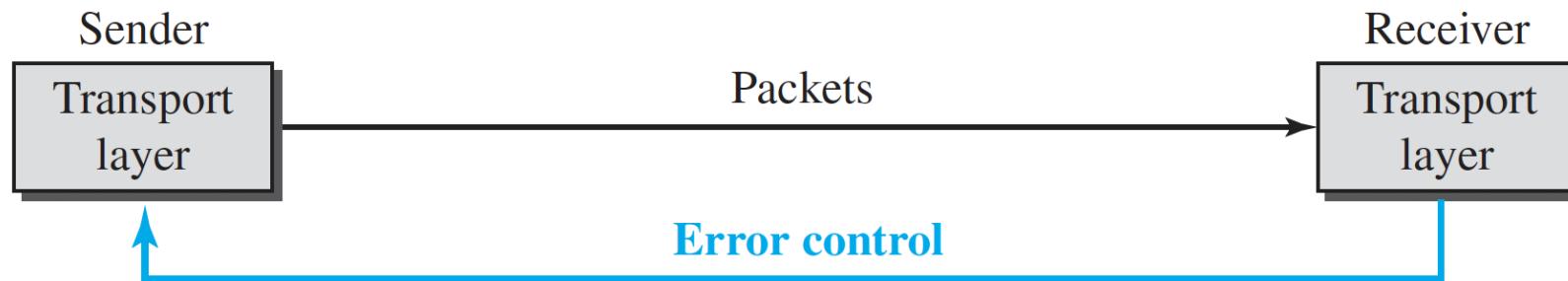
流量控制



- 流量控制的主要目标：**避免使接收方不堪重负。**
- 可以通过使用 **两个缓冲区** 来实现流量控制：一个位于发送方的传输层，另一个位于接收方的传输层。
- **缓冲区**：一组可用于在发送方和接收方存储数据包的内存位置。

错误控制

- 底层的网络层（IP）是不可靠的。
- 如果应用程序需要可靠性，我们就必须使传输层具有可靠性。
- 错误控制仅涉及发送和接收的传输层。
- 接收端传输层通常通过向发送端传输层报告问题来管理错误控制。
- 传输层的错误控制负责处理以下问题：
 - 损坏的数据包、重复的数据包、丢失/丢弃的数据包和乱序的数据包。
- 通过使用序列号和确认应答可实现错误控制。



错误控制 – 序列号

- **序列号** 被分配给数据包（传输层数据包头部中的一个字段）。
- 序列号采用模 2_m 运算，其中 m 是序列号字段的位数。
- 为什么需要序列号？
 - 错误控制要求 **发送端传输层** 知道 **哪个数据包** 需要重传。
 - **损坏的** 或 **丢失的数据包**：接收端传输层可以通过序列号告知发送端传输层重新发送该数据包。
 - 错误控制要求 **接收端传输层** 知道 **哪个数据包** 是 **重复的**，或者哪个数据包是 **乱序到达的**。
 - **重复的数据包**：如果两个接收到的数据包具有相同的序列号。
 - **乱序的数据包**：通过观察序列号中的间隙来判断。

错误控制 – 序列号（续）

- **重复的数据包** 和 **损坏的数据包** 可被接收方静默 **丢弃**。
- **乱序的数据包** 可被丢弃（由发送方视为丢失的数据包）或暂存，直到缺失的数据包到达。

错误控制 – 确认

- 接收方可以对每一个或一组 **确认** (**ACK**) 已完好无损到达的 **数据包**。
- 发送方可以通过使用 **丢失的数据包** 来检测，如果它使用了 **定时器**。当发送一个数据包时，发送方会启动一个定时器。如果在 **定时器超时**之前未收到确认信息，则发送方 **重发** 该数据包。

流量与差错控制的结合 - 滑动窗口线性格式

第一个未确认分组的序列号

下一个要发送分组的序列号。



a. Four packets have been sent.



b. Five packets have been sent.



c. Seven packets have been sent;
window is full.



d. Packet 0 has been acknowledged;
window slides.

未确认分组是指尚未收到确认应答（Ack）的分组。

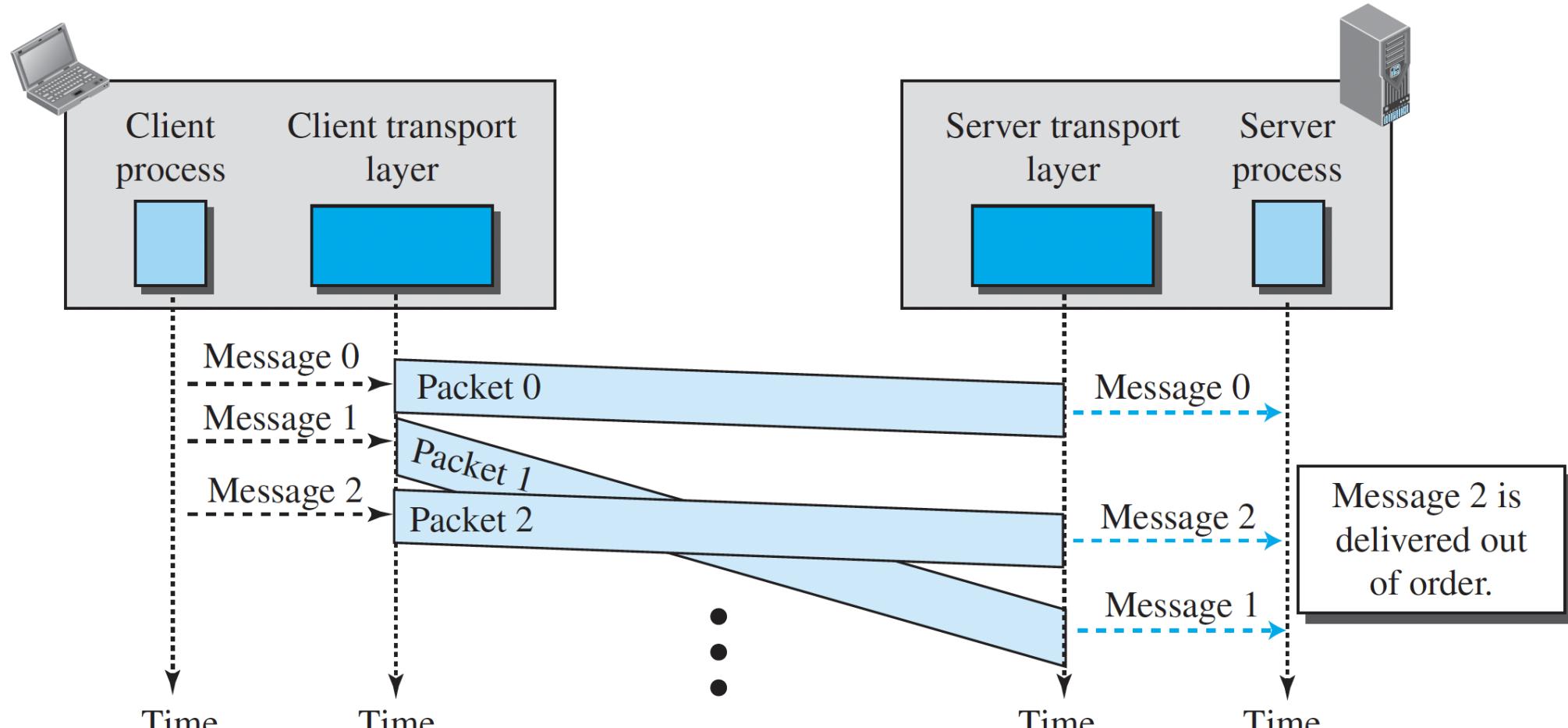
拥塞控制

- 网络中可能发生拥塞，如果网络上的负载（即发送到网络中的数据包数量）大于网络的容量（即网络能够处理的数据包数量）。
- 任何涉及等待的系统都可能发生拥塞。
 - 路由器和交换机具有用于存储数据包的队列/缓冲区在处理之前和之后。
 - 如果路由器无法以与数据包到达相同的速率处理它们，则队列将过载，从而导致拥塞。
- 拥塞控制指的是控制拥塞并使负载保持在容量以下的各种机制和技术。
- 拥塞控制的目标：避免网络过载。

无连接和面向连接协议

- 传输层协议可以提供两种类型的服务：
 - **无连接服务**：数据包之间无依赖关系。
 - **面向连接服务**：数据包之间存在依赖关系。

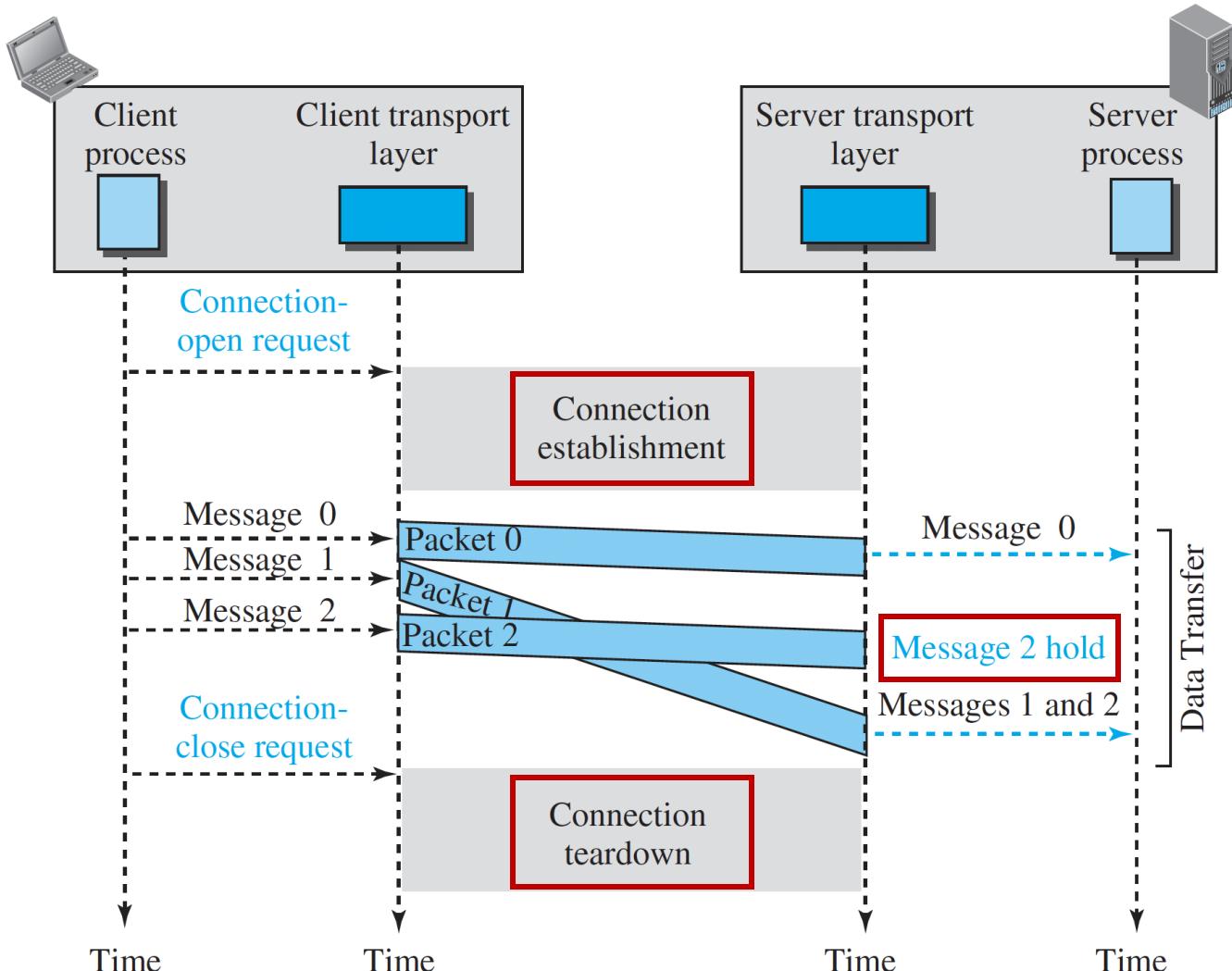
无连接服务



无流量控制、错误控制或拥塞控制。

面向连接的服务

我们可以在面向连接的协议中实现流量控制、错误控制和拥塞控制。



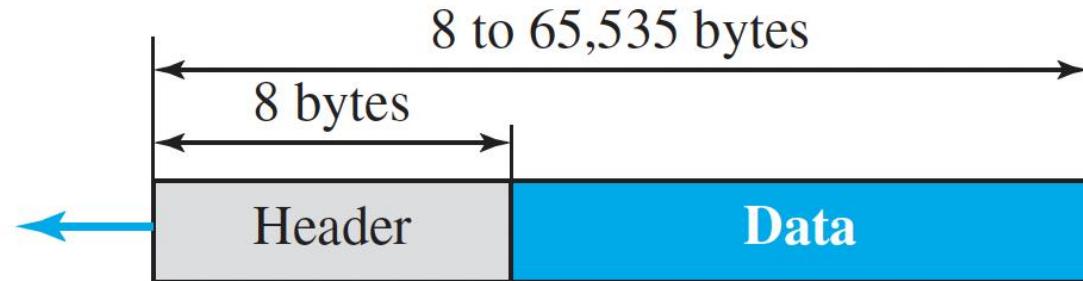
UDP（用户数据报协议）

- 一种 **无连接、不可靠的** 传输层协议。
- 它提供了简单性和高效性：
 - 开销最小
 - 适合发送小型消息
 - 比 TCP（传输控制协议）更快
- UDP 数据包称为 **用户数据报**。
- IP 数据包（网络层数据包）头部中的 **协议字段** 若其有效载荷（数据）属于 UDP，则该字段的值为 **17**。
- 如果一个进程使用 UDP，则其数据必须足够小以适应单个用户数据报（无法发送数据流）。

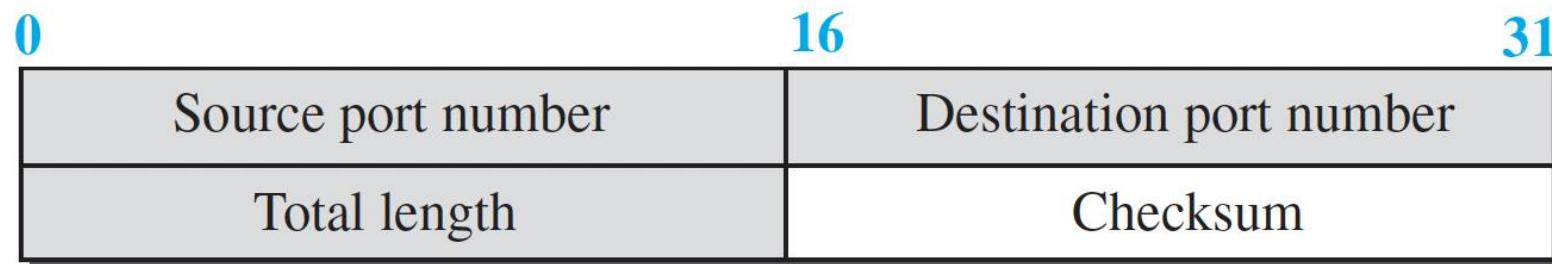
UDP

- 无流量控制 → 无窗口机制
- 无拥塞控制
- 无差错控制 (仅首部中的可选校验和字段除外)

UDP – 用户数据报的格式



a. UDP user datagram



b. Header format

头部加上数据

可选

UDP –一种无连接的传输层协议

- UDP 发送的每个用户数据报都是一个 **独立的** 数据报。
- **不同的用户数据报之间** 没有 **任何关联** (即使它们来自同一个源进程并发送到同一个目标程序) 。
- 用户数据报**没有编号** (**没有序列号**) 。
- 没有**连接建立**，也没有**连接终止**。
 - 每个用户数据报可以经由不同的路径传输。

UDP – 应用

- UDP 适用于需要简单请求-响应通信的进程（对流量和错控制要求不高）, 例如 DNS。
- 管理进程
- 像 PUBG 这样的在线游戏。
- 交互式实时应用, 例如 Skype、Zoom 和 Discord。
 - Zoom 加密及所用协议:
<https://explore.zoom.us/docs/doc/Zoom%20Encryption%20Whitepaper.pdf>
 - 某些应用程序同时使用 TCP 和 UDP 协议, 例如 Discord 使用 UDP 进行 语音和 视频通话, 因为可以接受数据包丢失, 而文本聊天则通过 TCP 使用 443 HTTPS 。
 - https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_TCP_and_UDP_port_numbers

摘要

- **进程到进程** 传输层通信
- 端口号 用于定义进程
- 流量/差错/拥塞控制
- 无连接 与 面向连接 服务

UDP

- UDP 数据包称为 **用户数据报**
- 不可靠
- 无连接
- 开销小
- 传输速度快
- 无流量控制/差错控制
- 半双工

参考文献

[1] Behrouz A.Forouzan, 《使用TCP/IP协议套件的数据通信与网络》, 第6版, 2022年, 麦格劳-希尔公司。

阅读

- 教材第9章，9.1 – 9.3节。
- 教材第9章，第9.7节（练习测试）