

# 全面建设计算机网络

亲密的战友林副主席

May 17, 2025



# Chapter 1

## 习题

### 1.1 物理层

2. 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？3. 电视信道宽 6MHz。如果使用 4 级数字信号，试问每秒可发送多少个比特？假设电视信道为无噪声的。

### 1.2 网络层

#### 1.2.1 6

考虑图 5-12(a) 中的网络。使用距离矢量路由算法，路由器 C 刚刚收到下列矢量：来 B 的 (5,0,8,12,6,2)；来自 D 的 (16,12,6,0,9,10)；来自 E 的 (7,6,3,9,0,4)。从 C 到 B、D 和 E 的链路成本分别为 6、3 和 5。请给出 C 的新路由表，包括使用的出境线路和成本。

#### 1.2.2 9

一个有 4800 台路由器的网络采用了层次路由。试问对于三层结构来说，应该选择多大的区域和簇才能将路由表的尺寸降低到最小？一个好的起点是假设这样的方案接近最优：有  $k$  个簇，每个簇有  $k$  个区域，每个区域有  $k$  个路由器。这意味着  $k$  大约是 4800 的立方根（约等于 16）。反复试验找出所有这三个参数在 16 附近的各种组合。

## 1.2.3 11

网络如图所示，试问若使用以下方法，从 B 发出的一次广播将生成多少个数据包？(a) 逆向路径转发。(b) 汇集树。

## 1.2.4 18

流量整形采用了令牌桶方案。每 5 微秒一个新的令牌被放入桶中。每个令牌刚好用于一个短数据包，数据包包含 48 个字节数据。试问最大的可持续数据率是多少？

## 1.2.5 19

在一个 6Mbps 网络上有一台主机，其流量通过一个令牌桶进行整形。令牌桶的填充速率为 1Mbps。初始时令牌桶被填满到容量 8MB。试问该计算机能以 6Mbps 的全速率传输多长时间？

## 1.2.6 27

一个 IP 地址的十六进制表示为 C22F1582，请将它转换成点分十进制表示法。

## 1.2.7 28

Internet 上一个网络的子网掩码为 255.255.240.0。试问它最多能够容纳多少台主机？

## 1.2.8 30

从 198.16.0.0 开始有大量连续的 IP 地址可以使用。假设 4 个组织 A、B、C、D 按照顺序依次申请 4000、2000、4000、8000 个地址。对于每一个申请，请用 w.x.y.z/s 形式写出所分配的第一个 IP 地址、最后一个 IP 地址以及掩码。

## 1.2.9 31

一个路由器刚刚接收到以下新的 IP 地址：57.6.96.0/21、57.6.104.0/21、57.6.112.0/21 和 57.6.120.0/21。如果所有这些地址都使用同一条出境线路，试问它们可以被聚合吗？如果可以，它们被聚合到哪个地址上？如果不可以，请问为什么？

## 1.2.10 32

从 29.18.0.0 到 29.18.128.255 的一组 IP 地址已经被聚合到 29.18.0.0/17。然而，这里有一个空闲地址块，即从 29.18.60.0 到 29.18.63.255 之间的 1024 个地址还没有被分配。现在这块空闲地址突然要被分配给一台使用不同出境线路的主机。试问是否有必要将聚合地址分割成几块，然后把新的地址块加入到路由表中，再来看是否可以重新聚合？如果没有必要这样做，请问该怎么办呢？

## 1.2.11 33

一个路由器的路由表中有如下的表项 对于下列 IP 地址，如果到达的数据包带有这些地址，

地址 / 掩码	下一跳
135.46.56.0/22	Interface 0
135.46.60.0/22	Interface 1
192.53.40.0/23	Router 1
default	Router 2

试问路由器该如何处理？ (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



# Chapter 2

## L Zhu

### 2.1 引言

#### 2.1.1 分类

##### 概念

计算机网络是能够以相互共享资源的方式互联起来的自治计算机系统的集合（资源共享观点）

##### 组成

功能组成上看，由通信子网和资源子网组成。通信子网：传输介质、通信设备、网络协议。资源子网：资源共享功能的设备与软件的集合。

##### 拓扑结构

星形（交换机）、总线、树形、环形（令牌环网）

#### 2.1.2 交换技术

- 电路交换（传统电话网）
- **报文交换**：用户数据加上源地址、目的地址、校验码等，封装成报文，到达相邻结点后存储，再转发给下一个结点。此类网络也为存储-转发网络

- **分组交换网络**：数据分为较短的固定长度的数据块，在每个数据块上目的地址等信息组成分组，以存储-转发方式传输。

## 传输技术

- **广播式**：共享一个公共通信信道。局域网采用广播技术。
- **点对点**：每条物理线路连接一对计算机

## 分布范围

- **广域网 WAN**：提供长距离通信
- **城域网 MAN**：采用以太技术
- **局域网 LAN**：通过微机或高速线路相连
- **个人区域网 PAN**：也为 WPAN

### 2.1.3 ISO/OSI 与 TCP/IO 模型

#### ISO/OSI 模型

##### 开放系统互连参考模型

- **物理层**：传输单位是比特，功能是在物理媒体上为数据端设备透明地传输原始比特流。不包含双绞线、光缆、无线通信
- **数据链路层**：传输单位是帧，将网络层传来的 IP 数据包组装成帧。功能为成帧、差错控制、流量控制、传输管理。负责节点之间的可靠通信，解决传输过程中的差错和冲突。使用 MAC 地址进行帧的传递，包含差错检测（如 CRC）。
- **网络层**：传输单位是数据报，将网络层协议数据单元从源端传到目的端，为分组交换网上的不同主机提供通信服务，对分组进行路由选择，实现流量控制、拥塞控制、差错控制等
- **传输层**：传输单位是报文段 TCP、用户数据报 UDP，提供端到端服务（而非点到点）
- **会话层**：进程间进行会话，管理会话（即通信双方的对话），提供建立、管理和终止会话的机制



- **表示层**：对数据进行语法和语义的翻译、压缩和加密。
- **应用层**：直接面向用户，提供网络服务

### TCP/IP 模型（再看）

- **网络接口层**：类似于 OSI 的物理层与数据链路层。负责物理传输和链路管理。
- **网际层**：与网络层功能相似。实现主机之间的网络互联，负责路由选择。
- **传输层**：与传输层功能相似，提供端到端的通信服务。
- **用户层**：为用户提供直接服务。

### 异同

- **同**：分层体系结构，基于独立的协议栈
- **异**：TCP/IP 没有面向对象、基于现有协议、考虑到互联异构
- OSI 模型结构严谨，但更偏向理论指导；TCP/IP 模型是基于实际需求的简化模型，符合实际使用。
- 二者有重叠但并不完全一致，OSI 模型的七层划分提供了更多细节，而 TCP/IP 的四层更适合互联网实际运行。

## 2.2 物理层

### 2.2.1 基本概念

- **信道**：终端之间的通信
- **信源**：产生和发送数据的源头
- **信号**：数据的电气或电磁表现
- **码元**：固定时长的信号波形表示一位 k 进制数字，是计量单位。1 码元可携带多个比特的信息量。
- **带宽**：信号具有的频带宽度，单位是 HZ。而最高数据率的单位 b/s（尽管在值上与带宽等价）

- **信道带宽**：信道能通过的最高频率与最低频率之差。太慢衰减，太快码间串扰
- **波特**：是单位时间内所传输的码元个数的单位，一波特表示每秒传输一个码元
- **信息传输速率**：单位时间传输的二进制码元个数，单位为 b/s
- **关系**：一个码元携带  $n$  比特的信息量，则  $M$  波特率的码元传输速率对应的信息传输速率为  $nM$  b/s

### 2.2.2 奈奎斯特定理

理想情况下（无噪声，有带宽），为了避免码间串扰，极限码元的传输速率为  $2W$  Baud， $W$  是信道带宽。

$$\text{极限数据传输速率} = 2W \log_2 V \quad \text{b/s}$$

### 2.2.3 香农定理

$$\text{信噪比 (dB)} = 10 \log_{10} \frac{S}{N}$$

$$\text{极限数据传输速率} = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

### 2.2.4 传输介质

双绞线、同轴电缆、光纤、无线传输介质

## 2.3 数据链路层

在物理层基础上提供向网络层提供服务，加强物理层传输原始比特流的功能，将物理层提供可能出错的物理连接改为逻辑上无差错的数据链路。

### 2.3.1 组帧（成帧）

出错时只重发出错的帧，而不必重发全部数据

- **字符计数法**：头部使用计数字段标明帧内字符数，从而确定帧结束位置
- **字符填充的首尾定界符法**：特殊字符定界开始与结束，可以填充转义字符区分定界字符

- **零比特填充的首位标志法**：011111110 标志开始与结束。遇到五个连续的 1 时自动插入一个 0
- **违规编码法**：违规编码高高，低低用于定界

### 2.3.2 差错控制

#### 检错编码

- **奇偶校验码**：奇校验，附加校验元后，1 的个数为奇数；反之偶校验
- **循环冗余码**：必须练题！

#### 纠错编码

- **海明编码**：

### 2.3.3 介质访问控制

用来决定广播信道中信道分配的协议属于数据链路层的子层，称为介质访问控制（MAC）子层

#### 信道划分（静态复用）

多路复用技术将多个输入通道的信息整合到一个复用通道

- **频分复用**：将多路基带调制到不同频率载波上，再叠加形成一个复合信号。将总带宽分割成若干个子信道。充分利用了带宽
- **时分复用**：物理信道按时间分成若干个时间片。STDM 提升了信道利用率。
- **波分复用**：即为光的频分复用，在光纤中
- **码分复用**：不同编码区分原始信号。正交编码。

#### 随机访问介质

访问控制既不共享时间，也不共享空间

- **纯 ALOHA**: 不经检测就发送数据, 一段时间未收到确认则发生冲突, 之后随机等待重传
- **时隙 ALOHA**: 只能在每个时隙开始时才能发送帧
- **1-坚持 CSMA 协议**: CSMA 意思为载波侦听多路访问。结点发送数据时, 先侦听信道, 如果忙, 继续侦听, 空闲则立刻发送。
- **非坚持 CSMA**: 信道空闲, 立刻发送; 信道繁忙, 等待一段时间后再侦听
- **p-坚持 CSMA**: 信道忙则继续侦听, 信道空闲则按  $p$  概率发送, 按  $1-p$  概率推迟到下一时隙
- **CSMA/CD**: 载波侦听多路访问/碰撞检测。碰撞检测为边发送边侦听。先听后发, 边听边发, 冲突停发, 随机重发。由于不能同时发送或接收 (会碰撞), 则采用半双工协议。最短帧 = 总线传播时延  $\times$  数据传输率  $\times 2$ , 采用二进制指数退避算法来解决碰撞问题。

#### 2.3.4 以太网、局域网

- **定义**: 以太网满足 Ethernet 规约和 IEEE 802.3, 也即 802.3 局域网。提供无连接、不可靠的服务。
- **集线器**: 可以对比特进行转发。通过多个端口连接网络中的设备, 使得这些设备能够在同一个局域网 (LAN) 中通信, 以广播的方式转发数据包, 即接收到的信号会被复制并发送到所有其他端口上的设备, 而不进行智能转发或过滤。工作在集线层。
- **10BASE-T**: 是传送基带信号的双绞线以太网, T 表示使用双绞线, 传输速率为 10Mb/s。采用曼切斯特编码, CSMA/CD 介质访问机制。10BASE5 是一种早期以太网标准, 采用粗同轴电缆作为传输介质, 传输速率为 10 Mbps, 支持最大 500 米的电缆段, 使用总线型拓扑结构。
- **高速以太网**: 速率大于 100Mb/s

#### 2.3.5 广域网、交换机等

- **广域网**: 广域网用于连接多个局域网 (LAN) 或其他类型的网络。不等于互联网。

## VLAN

- **定义**：将局域网内设备划分为物理位置无关的逻辑组的技术，通过建立配置表而非自学习出来
- **同一交换机间**：交换机上生成的 VLAN 互不相同，分为基于端口的 VLAN 技术和基于 MAC 地址的 VLAN 技术
- **不同交换机间**：VLAN 标记会在交换机间的转发中转发

### 2.3.6 数据链路层设备

#### 网桥

- **定义**：工作在链路层的 MAC 子层，可以使以太网各段成为隔离开的碰撞域。处理的数据对象是帧，区别中继器。如果源站和目标站在同一个网段，则将这个数据丢弃。整个网络的最大吞吐量是  $= \text{数据率} \times \text{网桥个数}$ 。
- **具备的基本功能**：寻址和路径选择、接收与转发帧、不对帧进行修改。
- **优点**：使用不同物理层，扩大互联范围
- **缺点**：增大时延、会产生网络风暴
- **透明网桥**：使用生成树算法（必须再看）、自学习转发表
- **源路由网桥**：最佳路由，发现帧
- **学习网桥**：就是透明网桥，使用生成树算法（具体练题）
- **生成树网桥**：使用了冗余链路，会导致泛洪中出现复制-泛洪的循环。生成树去掉了环路

#### 交换机

- **定义**：是一种多端口的网桥，可以实现 VLAN
- **原理**：检测从以太端口来的数据帧的源和目的地的 MAC（介质访问层）地址，然后与系统内部的动态查找表进行比较，若数据帧的 MAC 地址不在查找表中，则将该地址加入查找表，并将数据帧发送给相应的目的端口。
- **特点**：端口与单台主机相连、同时连接多个端口、转发表自学习

- 交换速率：通信时独占而非共享带宽

设备	工作层	主要功能	适用场景
中继器	物理层（第 1 层）	信号放大与重生	扩展网络物理范围
集线器	物理层（第 1 层）	数据广播到所有端口	小型局域网连接设备
网桥	数据链路层（第 2 层）	基于 MAC 地址过滤与转发	连接局域网并隔离冲突域
交换机	数据链路层（第 2 层）	基于 MAC 地址智能转发数据包	大型局域网内高效数据通信
路由器	网络层（第 3 层）	基于 IP 地址转发数据包，路径选择	连接不同网络（LAN 和 WAN）
网关	各层（视应用而定）	协议转换与跨网络通信	复杂网络间的数据传输（如 IPv4 与 IPv6 转换）

Table 2.1: 网络设备对比表

2.4 网络层

在任意结点间进行数据报传输

2.4.1 网络层的功能

- **异构网络互联**：指两个以上的计算机网络，通过一定的方法相互连接（数据链路、物理层不同）
- **路由与转发**：分为路由选择（路由表）和分组转发（处理数据流）
- **拥塞控制**：开环控制与闭环控制

2.4.2 拥塞控制

- **定义**：网络中存在太多的数据包导致数据包被延迟和丢失，从而降低了传输性能，这种情况为拥塞
- **流量感知路由**：根据流量模式定制路由，比如，早高峰与晚高峰
- **准入控制**：不可增加容量的情形下，通过降低负载。如，新的连接导致网络拥挤，则应该拒绝。广泛用于虚电路
- **流量调节**：调整传输速度以便发送网络能实际传送的流量，有抑制包（选择拥塞的数据包的源主机，该主机需减少发送的流量），显式拥塞通知（将观测到的拥塞在发送应答包时顺便告知发送方）
- **负载脱落**：来不及处理数据包时则丢弃

### 2.4.3 服务质量

- **应用需求**：流指源端发送到一个接受端的数据包流。流的需求为：带宽、延迟、抖动和丢失，决定了流要求的服务质量。
- **流量整形**：调节进入网络的数据流的平均速率和突发性的技术。
- **令牌通和漏桶**：限制了一个流的长期速率，允许短期的突发。计算式子如下：

$$B + RS = MS$$

令牌桶容量为 **B**，令牌到达率为 **R**，突发长度为 **S** 秒，突发的最大输出率为 **M**。

- **综合服务**：资源预留协议（看电视换频道），采用基于生成树的组播路由
- **区分服务**：路由器本地实现，是基于类别而非基于流的。加速转发将数据包分为加速和常规两种，标记为加速的数据包能得到加速。确保转发将数据分为不同的优先级。

### 2.4.4 路由与转发

#### 路由算法

- **泛洪算法**：将每一个入境数据包发送到除了该数据包到达的那条线路以外的每条出境线路。避免重复的办法是跳记数器和追踪数据包（防止二次转发）
- **距离-矢量算法**：每个路由器维护一张表（即一个矢量），表中列出了当前已知的到每个目标的最佳距离，以及所使用的链路。度量距离可为跳数、延迟、距离。
- **链路状态路由算法（步骤）**：要求每个参与该算法的结点都具有完全的网络拓扑信息，它们执行下述两项任务。第一，主动测试所有邻接结点的状态。两个共享条链接的结点是相邻结点，它们连接到同一条链路，或者连接到同广播型物理网络。第二，定期地将链路状态传播给所有其他结点（或称路由结点）

### 2.4.5 IP

IP 数据报 = 首部 + 数据部分 (TCP,UDP 段)

## IP 数据报格式

- **固定部分：** 20B
- **版本：** 4B，版本，IPV4
- **首部长度：** 4B，表示十进制为 0-15，反映真实的首部长度为“首部长度”×4（因为有固定部分和可变部分，故至少为 5）。首部长度不是 4 字节整数倍时，填充字节使之成为整数倍
- **区分服务：** 获得怎样的服务
- **总长度：** 16B，表示 IP 数据报的上限值
- **标识：** 16B，是一个计数器，每产生一个数据报就加 1，当数据报长度超过网络的 MTU 就分片。
- **标志：** 3B。标志字段的最低位为 MF, MF=1 表示后面还有分片，MF=0 表示最后 1 个分片。标志字段中间的中间位是 DF, 只有当 DF=0 时才允许分片。
- **片偏移：** 13 B。较长的分组在分片后，某片在原分组中的相对位置。片偏移以 8 个字节为偏移单位，即每个分片的长度一定是 8B (64 位) 的整数倍。
- **生存时间：** 8B，每经过一个路由器减一，防止漫无目的 IP
- **协议：** 8B，如采取 TCP (6) ,UDP (17)
- **首部检验和：** 16B，只检验首部
- **源地址和目的地址：** 分别 32 位

## IP 地址

- **组成：** 网络号 + 主机号，网络号是主机连接的网络。目的主机在哪个网络？
- **分类的 IP 地址：** 32 位/4 字节，标识主机的接口。点分十进制将每 8 位写成一个十进制数。网桥连接的局域网只有一个网络号，路由器每有一个接口就有一个网络号。A 类网络号 1B (1-126)，B 类 2B (128-191)，C 类 3B (192-223)，D 类是多播地址。
- **不能使用的 IP 地址：** 全 0 的，不能目的地址，指本网络；全 1 的，不能原地址，指本网络广播地址。主机号全 0，标识某个网络；主机号全 1，对其他网络所有主机广播；127，环回地址。除此以外，还有私有 IP 地址



网络类别	最大可用网络数	第一个可用的网络号	最后一个可用的网络号	每个网络中的最大主机数
A	$2^7 - 2$	1.0.0.0	126.0.0.0	$2^{24} - 2$
B	$2^{14} - 1$	128.1.0.0	191.255.0.0	$2^{16} - 2$
C	$2^{21} - 1$	192.0.1.0	223.255.255.0	$2^8 - 2$

Table 2.2: IP 地址分类的网络特性表

解释：A1，8 位，第一位为 0，全 0 和 127 不可用；A4，3B 的主机号，减去全 1 和全 0。

B1，前两位 10，全 0 不可用。C1 同理。

•

### 子网掩码与子网划分

- **分类 IP 地址的弱点**：IP 地址利用率低；两级不够灵活
- **子网划分**：将主机号中一部分作为子网号，剩下的主机号为主机号，形成三级 IP 地址，子网号仅可本网络可见
- **子网掩码**：网络号全 1，主机号全 0。通过将三级 IP 地址（二进制）与子网掩码进行与操作（同为 1 为 1，其他都为 0），得到子网 IP 地址
- **路由器转发分组算法**：提起目的 IP 地址；是否直接交付；特定主机路由（有目的地址）；检查路由表有无路由（与路由所有地址相与）；默认路由（从而发给另一路由）；丢弃（生存时间）

### CIDR

- **定义**：无类别域间路由。消除了 A,B,C 类概念，融合了子网和网络地址为网络前缀
- **网络前缀**：IP 地址后加/
- **地址块**：网络前缀都相同的连续 IP 地址组成为地址块，上下限为本网络和广播地址（如，128.14.32.0-128.14.47.255 为 128.14.32.0/20）
- **超网**：网络前缀取交集，得到合体网络，使路由接口相对简洁。注意，要按照实际的二进制而非十进制
- **最长前缀匹配**：查找路由表时，应选择最长网络前缀的路由（同样按二进制）。注意给出的数据包没有具体的网络前缀位（没有/xx），但在匹配时要检查是否匹配成功（若 xx 为网络前缀位是否相同），之后再选择更长的

## 几个概念

- **ARP**: 地址解析协议, 完成 IP 地址到 MAC 地址的映射。工作在网络层
- **ICMP**: 网际控制报文协议, 让主机或路由器报告差错和异常情况。是 IP 层协议, 分为差错报文和询问报文。
- **NAT**: 私有地址不会被路由器转发, 在路由器或主机上有 NAT 就可以实现互联, 原理是本地网的主机有一个全球 IP 地址, 根据转换表替换端口号和 IP 地址。

## 2.5 传输层

### 2.5.1 传输层提供的服务

- **功能**: 逻辑通信、复用和分用、差错检测、提供传输协议
- **端口**: 指明将数据包给传输层的形式, 类似于邮件号。共有  $2^{16}$  个。熟知端口号为 0-1023。套接字 = (主机 IP 地址, 端口号)
- **无连接服务与面向连接服务**: 即为 TCP 和 UDP

### 2.5.2 UDP 协议

- **概述**: 无须建立连接, 无连接状态, 分组首部开销小 (8B), 无拥塞控制。面向报文, 不保证可靠交付。
- **首部格式**: 8B 四个字段, 源端口、目的端口、长度、校验和
- **校验**: 伪首部 12B, 用于计算校验和, 包含源 IP 和目的 IP, 不计入长度字段
- **特点**: 无连接、不保证可靠交付、面向报文适用于小数据、首部开销较小、无拥塞控制

### 2.5.3 TCP 协议

- **特点**: 面向连接的传输层协议, 因此是一对一的; 确保可靠交付; 提供全双工通信, 设有缓存; 面向字节流

- **报文段**：数据单位称为报文段，分为首部与数据两部分。首部最短 20B，由源端口和目的端口（各 2B），序号字段（4B），确认号字段（4B，希望收到的下一个）等（太多了）
- **三次握手协议**：第一步，客户机发送连接请求报文段，其中 SYN=1（同步位，表示连接请求或连接接收请求），SEQ=X（起始序号）。第二步，服务器发回确认，SYN=1,ACK=1,seq=y,ack=x+1。第三次，向服务器发回确认协议,ACK=1,seq=x+1,ack=y+1。
- **可靠传输**：为数据流编序号，确认号采用累计确认，重传（超时或冗余 ACK）
- **TCP 流量控制**：采用滑动窗口协议，根据接收方缓存大小动态调整发送方发送窗口的大小。
- **TCP 拥塞控制**：慢开始，每一次传输轮次，拥塞窗口就会加倍；拥塞避免算法，拥塞窗口不加倍而是线性增加（加法增大），遇到拥塞时减半（乘法减小）；网络拥塞处理，遇到超时事件将拥塞窗口设置为 1。快重传，收到三个重复确认后就执行重传



# Chapter 3

## 又忘了

1. 物理层只提供在两个结点之间透明地传输比特流，网络层提供主机到主机的通信服务，主要功能是路由选择。传输层提供端到端服务，为进程之间提供逻辑通信。
2. 可靠传输协议可靠是指使用确认协议
3. 4 级数字信号意味着， $V=5$
4. 字节计数计算字符个数
5. FLAG 一般是指定界字符，而 ESC 是转义字符的缩写，不作为定界字符
6. 比特填充首先用特定的帧“01111110”来标识首位，其次再在 5 个 1 之间添加 0
7. 输出、发送与成帧发送不一样
8. 仅仅基于跳数时，逆向路径算法等价于边数
9. 子网掩码的计算： $32-s$ ， $s$  为所需的最小子网个数 2 的幂，比如要 2000 个，那么取 2048，为 2 的 11 次
10. 16 进制的 IP 地址转化为十进制，需要每两位一组
11. CIDR 中的地址块分配必须 **对齐到子网块的大小**，如 /20 地址块必须从 4096 的倍数的起始地址开始，所以不能是 24 而是 16 的倍数 32
12. 路由器按照最长前缀匹配规则工作，优先处理更具体的地址块（更长的前缀）
13. 1 Byte (B) = 8 bits (b)。比特是信息的最小单位，用于表示二进制系统中的一个状态 (0, 1)。字节是计算机中数据存储的基本单位，由 8 个**比特 (8 bits)** 组成。

14. 流量控制点到点，拥塞控制全局性
15. T1 的传输速率 (1.544 Mbps)
16. MTU 长度包含 IP 头部，分片需对齐取整
17. MB 不等于 Mb
18. 合并后/xx 要改