计算机网络偏、难、怪知识点

一、概述

1. 网络、互连网和互联网的关系：节点和连接这些节点的链路形成网络；路由器将各个网络连接起来，形成互连网，也就是说，互连网是“网络的网络”；互联网（因特网）是最大的互连网 *p4*
2. 世界上第一个分组交换网：ARPANET，其创办时间是 1969 年。1983 年 TCP/IP 协议成为 ARPANET 的标准协议，因此互联网的诞生时间是 1983 年 *p5*
3. 互联网第二阶段是三级结构：主干网、地区网和校园网 *p5*
4. 指定互联网的正式标准有四个阶段：互联网草案 -> 建议标准 -> 草案标准 -> 正式标准，其中，互联网草案没有形成 RFC 文档，现在删掉了“草案标准”。 *p9*
5. 计算机网络的性能指标： *p21*
   a. 速率：以 bps 为单位，如 kbps=1000bps。需要注意，速率是十进制，计算机中是二进制
   b. 带宽：单位也是 bps
   c. 吞吐量：单位时间内通过某个网络的实际数据量，受网络带宽或网络额定速率的限制。
   d. 时延：
      i. 发送时延：也称**传输时延**，等于数据帧长度 / 发送速率
      ii. 传播时延：等于信道长度 / 电磁波在信道上的传播速率，电磁波在自由空间传播速率为 $3*10^5$km/s，铜线电缆速率为 $2.3*10^5$km/s，光纤速率为 $2.0*10^5$km/s
      iii. 处理时延：主机或路由器处理数据的时延
      iv. 排队时延：数据包在路由器中排队的时延
   e. 时延带宽积：时延 * 带宽，含义是当第一个 bit 到达目的地时，链路中已经含有的 bit 数量
   f. RTT：当 RTT 抖动较大时，主要受处理时延和排队时延的影响
   g. 利用率：设 D 为网络当前时延，D_0 为网络空闲时的时延，U 为利用率，则有 $D = D_0/(1 - U)$
6. 协议三要素： *p29*
   a. 语法：数据与控制信息的格式或结构

b. 语义：需要完成何种动作

c. 同步（时序）：事件实现顺序的说明，如三报文握手就是同步

7. 补充 OSI 七层模型中另外两层的作用（自顶向下）：

a. 表示层：实现数据格式转换、数据编码等功能

b. 会话层：管理回话，解决进程之间会话问题

二、物理层

1. 对讲机是双向交替通信（半双工），单工电台也是双向交替通信，而**不是**单向通信 ***p44***
2. 两种调制方式：

a. 基带调制：对基带信号的波形进行变换，一般称为编码

b. 带通调制：把基带信号的频率范围搬到较高的频段

3. 物理层接口的特性： ***p42***

a. 机械特性：指明接口所用接线器的形状和尺寸、引脚数目和排列

b. 电气特性：指明**电压**范围

c. 功能特性：指明某一**电平**的电压的意义

d. 过程特性：指明事件的出现顺序

4. 常用编码方式：不归零码（唯一**没有**自同步的编码）、归零码、曼彻斯特编码（以太网使用这种编码）、差分曼彻斯特编 ***p45***
5. 理想**低通**信道的极限传输速率：2WBaud；理想**带通**信道的极限传输速率：WBaud ***p46***
6. 信道的极限信息传输速率（香农公式）：$C = W\log_2(1 + S/N)$，其中，信噪比 = $10\lg(S/N)$ ***p47***
7. 码元传输速率受奈氏准则限制，信息传输速率受香农公式限制 ***wlbppt26***
8. 双绞线分为屏蔽双绞线（STP，含有屏蔽层）和无屏蔽双绞线（UTP）。按照排列顺序，又分为直通线和交叉线。**直通线用于不同种类设备的连接，如主机和交换机、交换机和路由器等；交叉线用于同种设备的连接，如主机与主机之间的连接。** ***p48***
9. 同轴电缆分为 50Ω和 75Ω。其中，前者主要用于 LAN/ 数字传输，后者主要用于有线电视 / 模拟传输 ***p50***
10. 光纤主要利用了光的**全反射**，分为单模光纤和多模光纤： ***p50***

a. 单模光纤：发送方使用半导体激光器，接收方使用激光检波器

b. 多模光纤：发送方使用发光二极管，接收方使用光电二极管

11.低频（LF）和中频（HF）利用地面波进行直线通信，高频（HF）和甚高频（VHF）利用电离层反射通信，微波（300MHz-300GHz）一般利用地面接力通信或卫星通信 ***p53***

12.信道复用技术： ***p56***

a. 频分复用（FDM 或 FDMA）：不同的用户使用不同的频率，**ADSL 技术使用了 FDMA**

b. 时分复用（TDM 或 TDMA）：不同的用户使用不同的时间间隙，**无源光网络（PON）中，上行数据从 ONU 发往 OLT 时，光分路器使用了 TDMA**

c. 统计时分复用（STDM）：用户时隙里包含了用户的地址

d. 波分复用（WDM 或 WDMA）：也就是光的频分复用，**光配线网采用了 WDMA，上行和下行使用不同的波长**

e. 码分复用（CDM 或 CDMA）：抗干扰能力强，**适合无线网络**

13.传统的数字传输系统主要有两个缺点：**速率标准不统一、不是同步传输** ***p62***

14.SONET（同步光纤网）的各级时钟都来自一个非常精确的主时钟，以此为基础，指定了**国际标准同步数字系列（SDH）**

三、数据链路层

1. 链路≠数据链路： ***p72***

a. 链路：从一个节点到另一个节点的一段物理线路

b. 数据链路：把实现协议的硬件或软件加到链路上，就形成了数据链路

2. 数据链路层的三个基本问题：**封装成帧、透明传输和差错检测** ***p73***
3. 链路层的差错指的是比特差错，链路层**只能保证无比特差错**，这**并不是可靠传输**
4. 对于通信质量较好的有线传输链路（如以太网），数据链路层不使用确认和重传机制；对于通信质量较差的无线传输链路（如无线局域网），数据链路层使用停止－等待协议 ***p78***
5. 链路层三种协议的使用场景：

a. PPP 协议：用户计算机和 ISP 进行通信时使用

b. CSMA/CD 协议：以太网 V2 或 IEEE 802.3 使用

c. CSMA/CA 协议：无线局域网 802.11 使用

6. PPP 协议的组成： ***p80***

a. 链路控制协议（LCP）：用来建立、配置、测试数据链路的连接以及协商一些选项

b. 网络层 PDU 封装到串行链路的方法

c. 网络控制协议（NCP）：其中的每个协议支持不同的网络层协议

7. PPP 帧中协议字段 P 的取值： ***p81***

a. 0x0021：信息字段就是 ip 数据报

b. 0xC021：信息字段是链路控制协议 LCP 的内容

c. 0x8021：信息字段是网络控制协议 NCP 的内容

8. PPP 帧的透明传输： ***p81***

a. 字节填充：

i. 把信息字段中的每个 0x7E 变成(0x7D, 0x5E)

ii. 把信息字段中的每个 0x7D 变成(0x7D, 0x5D)

iii. 信息字段中小于 0x20 的字符（如 0x03）变成(0x7D, 0x23)

b. 零比特填充：在连续的 5 个 1 后面填充 0

9. 计算机内部是并行传输，计算机外部是串行传输，适配器需要实现串 / 并转换。注意：适配器包含**链路层和物理层的功能** ***p86***

10. CSMA/CD 协议： ***p87***

a. 协议要点：

i. 多址接入：多个站点连接在一条总线上，它们竞争使用总线

ii. 载波监听：每个站点在发送帧之前，先检测总线上是否有其他站点在发送帧（96 比特空闲时间）

iii. 碰撞检测：边发送帧边检测是否产生碰撞，这就说明使用 CSMA/CD 协议的站点只能是**双向交替通信（半双工通信）**

b. 争用期：设相距最远的两端的站点发送数据的时间为τ，则争用期为 2τ（512bit 时间），它与**距离**和**发送速率有关**，要会相关的计算题

c. 最小帧长和最大帧长：为了确保主机在发送完数据前能检测到碰撞，规定最小帧长为 **64 字节**，如果长度小于 64 字节，就是无效帧，直接丢弃。最大帧长 1518 字节，数据载荷部分 1500 字节，帧首部和帧尾部占据 18 字节

d. 退避算法：**截断二进制指数退避算法**。基本退避时间为 512bit 时间，发生碰撞时立即发送人为干扰信号（32 或 48 比特），然后等待 r 倍重传时间。当重传次数达到 16 次，就向高层报告

e. **协议流程：**

i. 将数据封装成帧，准备发送

ii. 检测信道：持续检测知道信道转为空闲，再等待 96bit 空闲时间，然后发送帧

iii. 在发送过程中不断检测信道：若一直未检测到碰撞，则发送成功；若检测到碰撞，则立即停止发送数据，执行退避算法，退避时间结束后回到第二步。若 16 次重传不成功，就像高层报告

f. 信道利用率：设数据传输时延为 T，端到端传播时延为τ，记 a=τ/T，认为最大的信道利用率为 $S_{max} = 1 / (1 + a)$。为了增大信道利用率，需要让 a 尽可能小，也就是缩短距离或增加帧的长度

11.100BASE-T 中的 100 代表传输速率为 100Mbps，BASE 表示采用基带信号进行传输，**T 表示双绞线**（Twins）；同理 100BASE-F 中的 **F 表示光纤（Fiber）**

12.以太网的 MAC 帧格式（以太网 v2）： ***p97***

目的地址	源地址	类型	数据	FCS	
6	6	2	46-1500	4	(字节)

注意：FCS 检验的范围是整个 MAC 帧，即从目的地址到 FCS，不包括物理层 8 字节的前导码（由 7 个字节的前同步码和一个字节的帧开始定界符组成）

13.以太网交换机三种转发方式： ***p102***

a. 存储转发：接收完整个帧后再转发

b. 直通式：接收完目的地之后就开始转发

c. 无碎片交换：读取完前 64 个字节后再转发

14.交换机工作在**全双工方式**下

15.常见的标准与协议 / 帧的对应关系：

a. IEEE 802.11，无线局域网标准，使用 CSMA/CA 协议

b. IEEE 802.11b，无线局域网发展初期的 **WEP 加密方案**的标准

c. IEEE 802.11i，WPA 加密方案的标准

d. IEEE 802.11n，WPA2 加密方案的标准

e. IEEE 802.1Q，带有 VLAN 标签的以太网 v2 帧

f. IEEE 802.1D，生成树协议（STP）的标准

g. IEEE 802.15，无线个人区域网（WPAN）的标准

h. IEEE 802.3ac，该标准定义了以太网帧格式的扩展，即 802.1Q 帧

i. IEEE 802.3u，100BASE-T 以太网标准（**也叫快速以太网**），使用 IEEE 802.3 的帧格式，可以使用交换机从而不使用 CSMA/CD 协议，进而工作在全双工方式下

j. IEEE 802.3z，吉比特以太网的标准，使用 IEEE 802.3 的帧格式，使用了**载波延伸**和**分组突发**的机制

k. IEEE 802.3ae，10 吉比特以太网的标准，使用 IEEE 802.3 的帧格式，是城域网和广域网的主干网的主流技术。只工作在全双工方式，不使用 CSMA/CD 协议

l. IEEE 802.3ba，40/100 吉比特以太网的标准，使用 IEEE 802.3 的帧格式

16.两种方法划分虚拟局域网：　　***p105***

a. 按交换机的端口划分，优点是操作简单；缺点是主机端口变动的时候，需要改变端口所属的 vlan

b. 基于 MAC 地址的划分，优点是用户改变地理位置时，不需要重新配置 vlan；缺点是降低了交换机执行效率

17.基本服务集标识符（BSSID），就是 AP 的 MAC 地址，长度为 48 位

18.无线局域网的频率范围属于**微波**

19.移动站与接入点 AP 建立关联的方法：

a. 被动扫描：AP 周期性地发出**信标帧**，移动站发送**关联请求帧**，AP 再回复**关联响应帧，**从而建立关联

b. 主动扫描：移动站发出广播的**探测请求帧**，AP 回复**探测响应帧**，移动站再发出**关联请求帧**，AP 再回复**关联响应帧**，从而建立关联

20.CSMA/CA 协议：

a. 两种不同的媒体接入控制方式：

i. 分布式协调功能（DCF）：通过争用信道来获取发送权，必须实现

ii. 点协调功能（PCF）：PCF 向上提供无争用服务

b. 确认机制：**802.11 使用停止－等待的确认机制实现可靠传输**

c. 帧间间隔：

i. 短帧间间隔（SIFS）：使用 SIFS 帧的类型有 ACK 帧、CTS 帧等

ii. DCF 帧间间隔（DIFS）：用来发送数据帧和管理帧

d. 虚拟载波监听机制：让源站把它要占用信道的时间（包括目的站发回确认帧所需的时间）及时通知给其他站，其他站通过信道中正在传送的帧的首部中的“**持续时间**”字段，就调整自己的**网络分配向量（NAV）**

e. 退避算法：对于 CSMA/CA，检测到信道从忙态转到空闲态时，先等待 **DIFS** 时间，再等待退避时间，才发送数据；而 CSMA/CD，检测到空闲后，再等待空闲 96bit 时间，就

可以发送数据。CSMA/CA 有**退避计时器**，当信道空闲时启动，转为忙态时冻结。退避时间是 2^{2+i}

使用退避算法的情况：

i. 在发送帧之前检测到信道处于忙态时

ii. 每次重传一个帧时

iii. 在每一次成功发送后要连续发送下一个帧时

f. 信道预约：

i. 请求发送控制帧（RTS），长度 20 字节

ii. 允许发送控制帧（CTS），长度 14 字节

g. **协议流程：**

i. 站点检测信道，若检测到信道空闲，等待 **DIFS** 后就可以发送第一个数据帧。等待 DIFS 的原因时可能有其他高优先级的帧要发送

ii. 若源站在 DIFS 内检测到忙态，就设置一个随机数，设置退避计时器。若信道还是忙态，则冻结计时器；若信道空闲，且在 DIFS 内均为空闲，就启动退避计时器，开始争用信道。当退避计时器为 0 时，就可以发送数据

iii. 目的站若正确收到该帧，就等待 **SIFS** 时间间隔后，向源站发送**确认帧（ACK）**

iv. 若发送完一帧后，还要发送帧，就转到 ii

四、网络层

1. 网络层提供的两种服务：　　***p115***
   a. 虚电路服务：可靠通信由网络保证。通信时建立逻辑上的连接，只有在建立连接时需要目的地址，以后转发数据时不再需要目的地址，但是分组首部需要包含虚电路的编号。优点是数据不会出现失序、重复、丢失等问题
   b. 数据报服务：可靠通信由用户主机保证。尽最大努力交付，每个分组首部需要有完整的目的地址，每个分组独立查找转发表进行转发
2. 路由器之间传送的信息有两大类：　　***p117***
   a. 转发**源主机和目的主机之间所传送的数据**
   b. 传送**路由信息**
3. 路由器的两个功能：**路由选择**和**存储转发**　　***p118***

4. IP 地址总结：
   a. A 类地址网络号全 0 不能使用，它表示本网络；网络号全 1 也不能使用，它表示本地环回测试地址。因此，A 类地址可使用的网络号有 126 个
   b. 网络号全 0，主机号全 0，它表示本网络上的本主机（DHCP），只能作为源地址，不能指派；

      网络号全 1，主机号全 1，它是广播地址，各路由器均不转发，只能作为目的地址，不能指派
   c. 私网 ip 地址：
      i. 10.0.0.0 ~ 10.255.255.255
      ii. 172.16.0.0 ~ 172.31.255.255
      iii. 192.168.0.0 ~ 192.168.255.255
5. 路由器在转发分组时，只会改变分组的**源 MAC 地址和目的 MAC 地址**，而不会改变 ip 地址 ***p132***
6. 地址解析协议 ARP ***133***
   a. ip 协议使用 ARP 协议，ARP 的请求分组和响应分组均封装在**以太网帧**中
   b. ARP 请求分组广播转发，ARP 响应分组单播转发
   c. ARP 协议是个**局域网协议**，不能跨网络使用
   d. **协议流程：**
      i. 当主机 A 要向本局域网上的主机 B 发送 ip 数据报时，先在其 ARP 高速缓存中查找 B 的 MAC 地址，若没找到，转到 ii；若找到，则封装成帧，并发送
      ii. 主机 A 在本局域网上广播一个 ARP 请求分组，内容为“主机 A 的 ip 地址，主机 A 的 MAC 地址，期望收到 ip 地址为 xxx 的 MAC 地址”
      iii. 本局域网上所有主机上运行的 ARP 进程都收到该请求分组，但只有主机 B 保留，其他主机均丢弃
      iv. 主机 B 先将主机 A 的 ip 地址和 MAC 地址的映射关系保存到它的 ARP 高速缓存中，再发送 ARP 响应分组，内容为“主机 B 的 ip 地址，主机 B 的 MAC 地址”。注意：**ARP 响应分组是单播发送**
7. 为什么不仅仅使用 MAC 地址进行寻址，而加入了 ip 地址？ ***p135***

   答：不同的网络使用不同的 MAC 地址，进行 MAC 地址转换工作量大；另外，仅仅使用 MAC 地址进行寻址，路由表的条目会变多，增加了路由器的查找时间
8. IP 数据报的首部格式（只给了固定部分） ***p136***

👋 | 版本 | 首部长度 | 区分服务 | 总长度 |
| 标识 | 标志 | 片偏移 |
| 生存时间 | 协议 | 首部检验和 |
| 源地址 |
| 目的地址 |

a. 版本：4 位，其值表明这是第几代 ip 协议。4 表示 ipv4，6 表示 ipv6
b. 首部长度：4 位，以 4 字节为单位。最小位 0101，也就是 20 字节的固定首部，最大为 1111，也就是 60 字节的最大首部
c. 区分服务：8 位，一般不用
d. 总长度：16 位，最大为 65535
e. 标识：16 位，同一数据报的分片中含有相同的标识值
f. 标志：3 位，最高位是 0，保留；中间位是 DF（禁止分片），只有当 DF=0 时才能分片；最低位是 MF（更多分片），当 MF=1 是表示后面还有分片
g. 片偏移：13 位，以**8 字节为单位，**这就说明，当我们分片时，分片大小必须是 8 的整数倍。
h. 生存时间：8 位，又称为“跳数”。路由器收到数据报后，**会先将 TTL 减 1，再判断其是否等于 0**。等于 0 就丢弃，否则就转发
i. **协议：**8 位。常用的协议和相应的协议字段的值如下：（*选择*）

👋 ICMP IGMP TCP EGP IGP UDP IPv6 ICMP-v6 OSPF
1 2 6 8 9 17 41 58 89

j. 首部检验和：16 位。**只检验数据报的首部，不检验数据部分（*判断*）**

9. ip 层转发分组的过程（简答）： ***p140***
a. 源主机首先将目的地址与本网络的子网掩码相与，看目的主机是否在本局域网。若在，则直接交付；否则转发给路由器

b. 路由将目的地址转换为网络号，再与转发表逐条匹配，**采用最长前缀匹配原则**，选择下一跳

c. 若下一跳的接口连接的是局域网，就使用 ARP 协议获取目的主机的 MAC 地址，再将 ip 数据报封装成帧，直接交付给目的主机

d. 若下一跳对应的是另外的路由器，则重复步骤 b

10. 网际控制报文协议 ICMP *p146*

a. ICMP 使用 ip 协议（封装在 IP 数据报中），协议字段的值为 1

b. 差错报告报文主要有 5 种类型：终点不可达（路由器或主机丢弃数据报）、源点抑制（路由器使用算法丢弃排队的分组）、时间超过（TTL 减为 0）、参数问题（传输过程产生误码）、改变路由 / 重定向（路由器发现更优的转发路径）

c. 不应发送 ICMP 差错报告报文的情况（选择、*判断*）：

i. 对 ICMP 差错报告报文，不再发送 ICMP 差错报告报文

ii. 对第一个分片的数据报后面的所有后续数据报片，不再发送 ICMP 差错报告报文

iii. 对具有多播地址的数据报，不再发送 ICMP 差错报告报文

iv. 对具有特殊地址（如 127.0.0.0 或 0.0.0.0）的数据报，不再发送 ICMP 差错报告报文

d. ICMP 的应用：（选择、判断）

i. 分组网间探测（PING），使用了**回送请求和回送回答报文**

ii. traceroute，使用了 **ICMP 差错报告报文（时间超过或终点不可达）**

11. IPv6 地址的连续零压缩只能使用**一次** *p153*

12. IPv6 地址分类：（*填空*）

a. ::/128（全部为 0），未指明地址，只能作为源地址使用，表示这台主机还没有分配到 ip 地址

b. ::1/128（最后一位为 1），环回地址

c. FF00::/8（最高八位为 1），多播地址

13. 双协议栈：使一部分主机（或路由器）同时装有 IPv4 和 IPv6 这两种协议栈。如何获得目的主机地址？**使用域名系统 DNS 来查询** *p155*

14. 隧道技术：将 IPv6 数据报封装成为 IPv4 数据报（*填空*） *p155*

15. 路由信息协议 RIP（*选择*、*填空*、*简答*、*分析*）： *p159*

a. 适用于小型互联网，距离为 16 相当于不可达

b. 仅和**邻居路由器**交换信息，交换的内容是**自己现在的路由表**，按照**固定的时间间隔**交换路由信息（如 30 秒），若 3 分钟还没有收到邻居路由器的路由表，就将该邻居路由器的

距离设置为 16

c. RIP 报文作为运输层用户数据包 UDP 的数据部分进行传送，**使用 UDP 的端口 520**

d. **好消息传播得快，坏消息传播的慢**

e. RIP 使用**距离向量协议**

16.开放最短路径协议 OSPF *p164*

a. OSPF 使用**链路状态协议**

b. 与 RIP 相比，OSPF 使用洪泛法，向本自治系统中**所有路由器**发送信息，最终实现**链路状态数据库的同步**，因此，OSPF 中的每个路由器都知道**全网的拓扑结构**

c. OSPF 的五种分组类型：

i. 问候（Hello）分组，用来发现和维护邻站的可达性

ii. 数据库描述分组，用来发送链路状态的摘要信息

iii. 链路状态请求分组，向对方请求某些链路状态的详细信息

iv. 链路状态更新分组，用洪泛法更新全网链路状态

v. 链路状态确认分组，对链路状态更新分组的确认

d. **OSPF 直接只用 IP 数据传送，协议字段的值为 89**

17.边界网关协议 BGP *p168*

a. BGP 使用**路径向量路由选择协议**

b. BGP 使用 **TCP** 作为传输层协议，目的端口号为 **179**

c. BGP 的四种报文：

i. OPEN（打开）报文，用来与 BGP 连接对等端建立关系

ii. UPDATE（更新）报文，用来通告某一路由的信息，以及要撤销的路由。注意：**撤销路由可以一次撤销多条，而更新报文只能增加一条**

iii. KEEPALIVE（保活）报文，周期性地正是对等端的连通性

iv. NOTIFICATION（通知）报文，用来发送检测到的差错

18.网际组管理协议 IGMP *p182*

a. IGMP **不知道** IP 多播组包含的成员数，也**不知道**这些成员分布在哪些网络上（*判断*）

b. IGMP 使用 IP 协议，被封装在 IP 数据报的数据部分，协议字段值为 2，**TTL 的值为 1**

c. IGMP 报文类型：

i. 成员报告报文，若有多个主机想加入同一个多播组，只需要其中一个主机发送成员报告报文，另外的主机收到该报文后就取消发送自己的成员报告报文。

ii. 成员查询报文，多播路由器每隔一段时间就像其直连网络发送成员查询报文，里面有最大响应时间。当成员收到后，随机选择一个小于最大响应时间的时间，在该时间结束后响应。主机发送成员报告报文进行响应，其他主机就不必响应。

iii. 离开组报文，主机发送离开组报文，多播路由器收到后立即发送一个针对该多播组的成员查询报文

19.多播路由选择协议 *p183*

a. 多播路由选择协议实际上就是要找出以源主机为根节点的**多播转发树**

b. 转发多播数据报的三种方法：

i. 洪泛与剪除。一开始，路由器转发多播数据报采用洪泛（也就是广播）的方式，为了避免兜圈子，使用**反向路径广播（BPM）**。（*填空*）

ii. 隧道技术。适用于多播组成员在地理上分布很分散的情况，**路由器将多播数据报再加上首部，封装成普通的单播数据报**，这种方法又叫 IP 中的 IP（IP-in-IP）

iii. 基于核心的发现技术。给每一个多播组指定一个核心路由器

20.通过 NAT 路由器的通信必须由**专用网内的主机发起**，也就是说，专用网内的主机不能直接充当服务器

21.NAT 路由器会在转发数据报时**修改 ip 地址**

22.远程接入 VPN 在用户和服务器之间建立了一条 **VPN 隧道**

23.多协议标签交换 MPLS *p190*

a. 特点：

i. 支持面向连接的服务质量

ii. 支持流量工程，均衡网络负载

iii. 有效地支持虚拟专用网 VPN

b. **根据标签在链路层利用硬件进行转发，而不必去第三层查找转发表（*选择*、*填空*、*判断*）**

c. 标签交换路由器・LSR 具有**标签交换和路由选择**的功能：标签交换为了快速转发，但在这之前需要用路由选择功能构造转发表

d. 转发等价类 FEC：主要是为了均衡网络负载，FEC 和标签一一对应

e. 在将 IP 数据报封装成帧之前，先插入一个 4 字节的 MPLS 首部，因此，MPLS 首部位于**帧首部和 IP 首部之间**

24.软件定义网络（SDN）是一种**新型的网络体系结构**，而不是物理网络。SDN 分为控制层面和数据层面，这两个层面使用 OpenFlow 协议进行通信，这种控制是**在逻辑上是集中式的，是基于流的控制**

五、传输层

1. 端到端的通信是**应用进程的通信**，运输层提供应用进程之间的**逻辑通信**　　*p211*
2. 端口作用：（1）标识应用进程 （2）作为应用层各种协议进程与运输实体进行交互的地点　　*p214*
3. 应用层协议使用的运输层协议及端口号：　　*p215*

✅ DNS	TFTP	DHCP	RIP	SNMP	NFS	SMTP	TELNET	HTTP	FTP	BGP
UDP	UDP	UDP	UDP	UDP	UDP	TCP	TCP	TCP	TCP	TCP
53	69	67/68	520	161		25	23	80	21	179

4. UDP 的特点：　　*p216*
   a. 提供无连接不可靠服务
   b. 尽最大努力交付
   c. 面向报文，直接在报文前面加上 8 字节的 UDP 首部
   d. UDP 的检验和要加上 **12 字节的伪首部**，**不但检验首部，还要检验数据部分**
5. TCP 连接的端点：套接字（IP 地址：端口号）　　*p220*
6. TCP 首部中的**窗口**字段的值，告诉的是自己的**接收窗口**，而不是发送窗口　　*p226*
7. TCP 的检验和**既要检查首部，还要检查数据部分，要添加伪首部**　　*p228*
8. 超时重传时间（RTO）的选择　　*p233*
   a. 初始时，RTTs = RTT 样本值，RTTd = RTT 样本值的一般
   b. 后面，新 RTTs = α * 新的 RTT + (1 − α) * 旧的 RTTs；

      新 RTTd = β * |RTTs − 新的 RTTd| + (1 − β) * 旧的 RTTd
   c. 最后 RTO = RTTs + 4 * RTTd
   d. Karn 算法：在计算 RTTs 时，只要报文段重传了，就丢弃这个样本

9. TCP 实现流控的方法：接收方通过改变窗口值，通知发送方改变发送速率，以便让自己来得及接收。为了打破**零窗口**，发送方设置一个**持续计时器**（*填空*） ***p236***
10. Nagle 算法：若应用进程逐个字节的送到 TCP 的缓存，则发送方就把第一个字节发送出去，把其余的都缓存起来。当收到第一个字节的确认后，就把后面的所有数据封装成一个报文段发送 ***p237***
11. 糊涂窗口综合征解决方案：（1）接收方等待一段时间，等接收窗口有足够的空闲空间（2）发送将要发送的数据积累成大的报文段 ***p237***
12. TCP 的拥塞控制方法：**慢开始、拥塞避免、快重传和快恢复**。注意：慢开始和拥塞避免是 TCPTahao 版本，而快重传和快恢复是 TCPReno 版本 ***p241***
13. TCP 拥塞控制流程： ***p245***
    a. 建立 TCP 连接，初始时 cwnd = 1，按指数规律增大，直到 cwnd = ssthresh（慢开始）
        i. 若接收到三个重复的 ACK，转到 c
        ii. 若超时转到 d
        iii. 否则转到 b
    b. cwnd 线性增大，**注意发送窗口不能超过接收窗口**
        i. 收到三个重复的 ACK，转到 c
        ii. 若超时转到 d
        iii. 否则转到 e
    c. ssthresh = cwnd / 2, cwnd = ssthresh，然后转到 b
    d. ssthresh = cwnd / 2, cwnd = 1，转到 a
    e. 释放 TCP 连接
14. **网络层**的拥塞控制方法：主动队列管理（AQM）。路由器的尾部丢弃策略会导致**全局同步**，所以路由器使用**随机早期检测（RED）**算法，可以改善这一情况。 ***p246***
15. TCP 的连接建立过程： ***p247***
    a. 最初，客户和服务器都处于**关闭**状态
    b. 服务器进程创建传输控制块 TCB，然后进入**监听状态(LISTEN)**
    c. 客户发送连接请求报文段：SYN = 1, seq = x。**SYN 不携带数据，但要消耗一个序号**，然后客户进入**同步已发送(SYN-SEND)**状态
    d. 服务器发送连接响应报文段：SYN = 1, ACK = 1, seq = y, ack = x + 1 。然后服务器进入**同步已接收(SYN-RCVD)**状态

e. 客户再发送一个确认报文：ACK = 1, seq = x + 1, ack = y + 1。然后客户进入**连接已建立(ESTABLISHED)**状态

f. 服务器收到客户发来的确认报文后，进入**连接已建立**状态

g. 为什么 A 最后还要发送一次确认？**这是为了防止已失效的连接请求报文段突然又传送到服务器**

16. TCP 的连接释放过程（假定客户主动释放连接）：　　*p248*

a. 客户发送连接释放报文段：FIN = 1, seq = u。然后进入**终止等待态 -1(FIN-WAIT-1)**

b. 服务器进行确认：ACK = 1, seq = v, ack = u + 1。然后进入**关闭等待态(CLOSE-WAIT)**，客户收到服务器发来的确认后，进入**终止等待态 -2(FIN-WAIT-2)**

c. 服务器发送完数据后，发送连接释放报文段：ACK = 1, FIN = 1, seq = w, ack = u + 1。然后进入**最后确认态(LAST-ACK)**

d. 主机收到服务器的连接释放报文段后，进行确认：ACK = 1, seq = u + 1, ack = w + 1。然后进入**时间等待态（TIME-WAIT）**等待 2MSL 时间

e. 服务器收到主机的确认报文后，进入**关闭态**

f. 2MSL 时间结束后，主机进入**关闭态**

g. 为什么主机要等待 2MSL？**（1）为了保证主机发送的最后一个 ACK 能够到达服务器**
（2）使本持续时间内所产生的所有报文段都从网络中消失，这样下一个新的连接中不会出现旧的连接请求报文段

17. 为了防止主机突然出现故障，服务器设置了一个**保活计时器**。　*p250*

六、应用层

1. 一台主机可以用三个标识方式来表示它的地址 **IP 地址、MAC 地址以及域名地址**
2. 根域名服务器采用了**任播（anycast）**，路由器会将数据报发到距离最近的根域名服务器　*p266*
3. 为了提高 DNS 查询效率，并减轻根域名服务器的符合，采用了 **DNS 高速缓存**　　*p268*
4. DNS 查询过程：

a. 首先在主机的 DNS 高速缓存中查找，找不到转到 b

b. 主机向本地域名服务器查询，本地域名服务器先在高速缓存中查找，找到了直接返回，找不到转到 c

c. 本地域名服务器采用迭代 / 递归的方式向根域名服务器查询。若最后找到结果先记录到自己的高速缓存中，然后返回给主机；若找不到则返回错误信息

d. 主机收到后就会记录到自己的高速缓存中

5. FTP 通信时，服务器的 **21 号熟知端口号用于控制连接，20 号熟知端口号用于数据连接，建立 TCP 连接** *p269*

6. 简单文件传送协议 TFTP： *p271*

   a. 当接通电源后， **广播**一个 TFTP 请求

   b. TFTP 使用 UDP 协议，熟知端口号为 **69**

   c. TFTP 支持 ASCII 码或二进制传送，每次传送的数据报文中有 512 字节数据，但最后一次可不足 512 字节

   d. TFTP 的工作很像停止 - 等待协议：发送一个文件块后就等待对方的确认，接收方一段时间后没收到发送方的数据块，也要重发确认 PDU

7. 远程终端协议 TELNET： *p272*

   a. 使用 TCP 连接，熟知端口号为 **23**

   b. 使用**网络虚拟终端（NVT）**，客户软件将用户的击键和命令转为 NVT 格式，服务器将 NVT 格式转为远地系统所需的格式。

   c. NVT 使用 **CR-LF** 为标准的行结束控制符

8. 超文本传送协议 HTTP: *p276*

   a. 使用 TCP 连接，熟知端口号为 **80**

   b. HTTP/1.0 协议规定，建立 TCP 连接后，服务器发送完响应报文后就**关闭连接**，每次请求一个万维网文档需要的时间为：2RTT + 响应报文传输时间。其中，一个 RTT 用于 TCP 连接，另一个 RTT 用于请求和接受文档

   c. HTTP/1.1 使用**持续连接**，两个 HTTP 进程完成一次通信后不会立即释放 TCP 连接

   d. **万维网高速缓存或代理服务器**，保存了最近的请求和响应，可有效降低时延

   e. **采用代理服务器访问互联网的过程：**

      i. 校园网中的计算机中的浏览器进程向互联网中的服务器请求服务时，就先和校园网的代理服务器建立 TCP 连接，并向发送 HTTP 请求报文

      ii. 代理服务器收到后现在本地查找，找到了就直接返回给主机

      iii. 代理服务器没找到就向源点服务器建立 TCP 连接，并发送 HTTP 请求报文

      iv. 源点服务器将 HTTP 响应报文发给代理服务器，代理服务器先保存在本地存储器中，然后返回给主机

f. 使用 Cookie 标识用户，Cookie 文件存放在**客户主机中**

9. 简单邮件传送协议 SMTP *p293*
   a. **SMTP 只能传送 7 为 ASCII 码数据**
   b. SMTP 使用 TCP 连接，熟知端口号为 **25**
   c. SMTP 的作用范围是发件人到接收方的邮件服务器，**不能用于读取邮件**
10. POP3 协议的特点是：用户只要从 POP3 服务器中读取了邮件，POP3 服务器就把该邮件删除
11. IMAP 的好处是用户可以随时随地上网阅读处理自己在邮件服务器中的邮件，缺点是如果用户没有将邮件复制到自己的计算机上，就一直保留在服务器中，下次查看是还要打开服务器
12. MIME 是对 SMTP 功能的扩充
13. 动态主机配置协议 DHCP： *p304*
    a. 使用 UDP 连接，熟知端口号为 **67/68**
    b. 协议工作流程：
       i. DHCP 服务器被动的打开 UDP 端口号 67，开始监听
       ii. 未配置 ip 地址的主机从 UDP68 号端口向 DHCP 服务器**广播**发送 **DHCPDISCOVER（发现报文）**，源地址为 0.0.0.0，目的地址为 255.255.255.255
       iii. 凡收到发现报文的服务器发出 **DHCPOFFER**
       iv. 主机收到后选择其中一个，并发出 **DHCPREQUEST**
       v. 被选择的 DHCP 服务器发出 **DHCPACK**，这是主机就获得了临时 IP 地址。
       vi. 当租用期过了一半，主机发送 **DHCPREQUEST**, 请求更新租用期
       vii. 若服务器同意，则返回确认报文；否则发回 **DHCPNACK**，这时主机立即停止使用该 ip 地址，返回到第 ii 步；若服务器没有响应该报文，则等到时间到了租用期的 87.5% 时，主机必须重发 **DHCPREQUEST**
       viii. 主机可以提前终止使用服务器提供的 ip 地址，只需要发送 **DHCPRELEASE** 即可