概述

1. **OSI 参考模型（七层）(Open Systems Interconnention)**

   物理层（Physical Layer）信号和媒介

   这一层在电气和机械级通过网络传输比特流。它提供发送和载波中数据的硬件方法。

   数据链路层（Data Link Layer）成帧、差错控制、流量控制、传输管理、介质访问控制

   提供物理层同步，并且为超过 5 个 1 的字符串进行比特填充。它还提供传输协议的知识和管理。

   网络层（Network layer）路径选择、路由、寻址

   这一层处理数据的路由。网络层进行路由和转发工作。

   传输层（Transport Layer）可靠性、流量控制、差错检验

   这一层管理端到端控制和错误检查。它确保完整的数据传输。

   会话层（Session Layer）对话和交谈、建立连接

   这一层设置，协调并终止应用程序各端的对话、交流。它处理会话和连接协调。

   表示层（Presentation Layer）通用格式、加密解密

   这一层通常是操作系统的一部分，它将输入输出数据从一种格式转换成另一种格式。

   应用层（Application Layer）用户与网络的界面，浏览

   这一层确定通信伙伴、服务质量并考虑用户认证和隐私，确定数据的语法限制。

   （ 这一层不是应用程序，虽然有些应用程序可能会执行应用层功能）

1. **TCP/IP 模型（四层）**

   网络接口层的功能类似于 OSI 的物理层和数据链路层。但实际上 TCP/IP 本身并没有真正描述这一部分，只是指出主机必须使用某种协议与网络连接，以便能在其上传递 IP 分组。

   网际层将分组发往任何网络，并为之独立地选择合适的路由，但它不保证各个分组有序的到达，各个分组的有序交付由高层负责。

   传输层的功能和 OSI 中的传输层功能类似，使发送端和目的端主机上的对等实体可以进行会话。

应用层包含所有的高层协议。

2. **协议运输单元 PDU**（Protocol Data Unit）是指对等层次之间传递的数据单位。

   物理层：数据位（bit）

   数据链路层：数据帧（frame）

   网络层：数据包（packet）

   传输层：数据段（segment）

   其他更高层次：报文（message）

物理层

1. **STP（Shielded Twisted-Pair）屏蔽双绞线**

   由 4 对细铜线组成，外有一层金属箔片或编织物。

   速度和吞吐量：10~100Mb

   最大线缆长度：100m

   接头：RJ-45

   UTP：非屏蔽双绞线

   几类双绞线：

   1 类：用于电话通信

   2 类：可用于传输数据，最大为 4Mb/s

   3 类：用于 10BASET 以太网，10Mb/s

   4 类：用于令牌环，16Mb/s

   5 类：用于快速以太网，100Mb/s

   超五类：用于 G 比特以太网，1Gb/s

   优点：易于安装，单位介质便宜，不需要专门的管道，使用 RJ 接口。

   不足：比起其他网络介质，更容易受到电磁干扰；单根线长小于同轴电缆和光纤。

2. **光纤（Fiber-Optic）：**单模光纤：轴传播，比多模光纤快，能达到 10Gb/s，直径小，使用发光二极管或激光（多数），较多使用在 WAN。

   多模光纤：多使用在 LAN

3. **奈奎斯特定理**

   理想低信道下的极限数据传输率= $2W\log_2 V$ bps

   W：理想低通信道的带宽，单位为 Hz

   V：表示每个码元离散电平的数目

   Or（南大 PPT）

   在假定无噪声的信道上为避免码间串扰，传输比特率的上限值为：

   C = $W\log_2 L$ bps

   W 为信道的带宽（以 Hz 为单位）

   L 为表示数据的信号电平的数目

4. **香农定理：带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的极限、无差错的信息传输速率。**

   信道的极限信息传输速率 C 可表示为

   $C=W\log_2(1+S/N)$ bps

   W 为信道的带宽

   S 为信道内所传信号的平均功率

   N 为信道内部的高斯噪声功率

   S/N 称为信噪比，信噪比=$10\log_{10} S/N$ 单位 dB

5. **电路交换、报文交换与分组交换**

   电路交换：在进行数据传输前，两个结点必须先建立一条专用的物理通信路径。

   报文交换：数据交换的单位是报文，报文携带有目标地址、源地址等信息。报文交换在交换结点采用的是存储转发的传输方式。

   分组交换：也采用了存储转发的方式，把大的数据块划分为合理的小数据块，再加些必要的控制信息，构成分

组。分组交换可以进一步分为面向连接的虚电路方式和无连接的数据报方式。

数据链路层

1. **IEEE:802.2 逻辑链路控制（LLC）** 表示不同的协议类型并封装他们

   IEEE:802.3 介质访问控制（MAC）

   MAC（Medium Access Control）介质访问控制：

   定义了怎么样在物理线缆上传输帧

   处理物理寻址

   定义网络拓扑

   定义线缆规章

2. **信道划分介质访问控制**：

   FDM（频分多路复用）是一种将多路基带信号调制到不同频率载波上再进行叠加形成一个复合信号的多路复用技术。

   TDM（时分多路复用）是将一条物理信道按时间分成若干个时间片，轮流地分配给多个信号使用。

   STDM（统计时分复用）采用 STDM 帧按需动态地分配时隙。

   WDM（波分多路复用）就是**光的频分多路复用**。

   DWDM（密集型光波复用）是能组合一组光波长用一根光纤进行传送

   CDM（码分多路复用）是靠**不同的编码来区分各路原始信号**的一种复用方式。

   CDMA（码分多址），用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制，使原数据信号的带宽被扩展，再经载波调制并发送出去。

3. **随机访问介质控制**

   ALOHA 协议： 1.纯 ALOHA 协议：如果发生碰撞，让各站等待一段随机时间，再进行重传。

   2.时隙 ALOHA 协议：把所有各站在时间上都同步起来，并将时间划分为等长的时隙(slot)，规定只能在每个时隙开始时才能发送一个帧。

CSMA 协议（Carrier Sense Multiple Access 载波侦听多路访问）：

1-persistentCSMA　1-坚持 CSMA

当侦听到信道忙后，继续侦听信道；当侦听到信道空闲后，发送帧的概率为 1，即立刻发送数据。

非坚持 CSMA(Non-persistent CSMA)

当一个结点要发送数据时，首先侦听信道；如果信道空闲就立刻发送数据；如果信道忙就放弃侦听，等待一个随机的时间后再重复上述过程。

p-坚持 CSMA

当一个结点要发送数据是，首先侦听信道；如果信道忙，则等待下一个时隙再侦听；如果信道空闲便以概率 p 发送数据，以概率 1-p 推迟到下一个时隙；如果在下一个时隙信道仍然空闲，则仍以概率 p 发送数据，以概率 1-p 推迟到下一个时隙；这个过程一直持续到数据发送成功或者因其他结点发送数据而检测到信道忙为止，若是后者，则等待一个随机的时间后再重新开始侦听。

CSMA/CD 协议（Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection）载波侦听多路访问/碰撞检测　　适用于总线型网络或半双工网络环境

先听后发，边听边发（区别与 CSMA 协议），冲突停发，随机重发

以太网端到端往返时间 2i 称为争用期（冲突窗口 or 碰撞窗口），只有经过争用期这段时间还没有检测到冲突,才能确定这次发送不会发生冲突。

帧的传输时延至少要两倍于信号在总线中的传播时延，最小帧长=总线传播时延 x 数据传输速率 x2

CSMA/CA（Collision Avoidance）碰撞减免

应用于**无线局域网**　采用**二进制指数退避算法**

三种机制：1.预约信道

2.ACK 帧

3.RTS（Ready to send）/CTS（Clear To send）帧

4. 轮询访问介质控制：令牌传递协议

5.ARQ: Auto Repeat reQuest 自动重传请求

GBN：多帧滑动窗口与后退 N 帧协议　接受端只**按序**接受数据帧 **出错全部丢弃**

SR：多帧滑动窗口与选择重传协议　**缓冲序号不连续的帧**

6. PPP 协议（Point to Point）：通过拨号或专线方式建立点对点连接发送数据

是使用**串行线路**通信的**面向字节**的协议。

是在 SLIP 的基础上发展而来

三个组成部分：**链路控制协议 LCP**：一种扩展链路控制协议，用于建立、配置、测试和管理数据链路。

网络控制协议 NCP：为网络层协议建立和配置逻辑连接。

一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法。

IPCP：IP 控制协议，用于建立，使用和中止 IP 模块

特点：1.不可靠

2.仅支持点对点的链路通信

3.只支持全双工链路

4.两端可运行不同的网络层协议

5.PPP 是面向字节的

7. HDLC 协议（High-level Data Link Control）

ISO 制定的**面向比特**的数据链路层协议

采用**比特填充的首尾标志法**实现透明传输

HDLC 协议的信息帧使用了编号和确认机制，所有帧采用 CRC 检验，能提供可靠传输

8. STP （Spanning Tree Protocol）生成树协议

冗余拓扑产生环

减少冗余路径而不导致网络延时

通过计算稳定的生成树拓扑来防止网络环路

发送 **BPDU（网桥协议数据单元）**来决定生成树拓扑

BPDU：STP 需要网络设备互相交换消息来检测桥接环境，交换机发送的用于构建无环路拓扑的消息

决定顺序：**最低的根网桥（BID）　到根网桥最低的路径成本　最低的发送网桥 ID　最低的端口 ID**

STP 五种状态：

阻塞：不转发数据，接受 BPDU

侦听：侦听数据帧

学习：学习地址

转发

禁止：不转发不接受 BPDU

STP 在建立无环路逻辑拓扑时候，STP 必须遵守“STP 四步初始化原则”，即：

第 1 步：最低的根 BID。

第 2 步：最低的路径开销到根桥。

第 3 步：最低的发送方 BID。

第 4 步：更低的端口 ID。

当一台网桥设备加电起动时，按照（Hello Time）时间间隔为 2 秒频率向所有端口发送 BPDU，网桥通过以上 4 个步骤来确定每个端口得到最优先的 BPDU。如果自己最优先，则发送个对方，否则停止发送，接受对方的 BPDU。如果在 20 秒时间未能收到对方发来的优先级高的 BPDU 的话，则又开始重新发送 BPDU 来确认最优的 BPDU。

2．生成树收敛的 3 个步骤

当交换机（网桥）全部加电时，所有的网桥全部向连接端口发送 BPDU 信息，然后立即进入 STP 无环路逻辑拓扑计算。生成树从拓扑初始化到收敛成一个无环路的拓扑结构，可以分成 3 个步骤。

第 1 步：选择根桥（Root Bridge），唯一的根桥被选举。

第 2 步：选择根端口（Root Ports），其他的网桥计算一系列的根端口。

第 3 步：选择指定端口（Designated ports），用于网段连接。

网络层

1. IP 地址和子网

IP 地址 32bits 网络号+主机号

Class A ： 0+7bits 网络号+24bits 主机号　　0~127（127 为环回测试地址）

Class B ： 10+14bits 网络号+16bits 主机号　　128~191

Class C ： 110+21bits 网络号+8bits 主机号　　192~233

Class D ： 224~239 组播

Class E ： 240~255 研究

私有地址：

10.0.0.0~10.255.255.255

172.16.0.0~172.31.255.255

192.168.0.0~192.168.255.255

2. NAT：网络地址转换，通过将专用网络地址转换为公用地址，从而隐藏内部 IP 地址

3. NAPT：网络地址端口转换，它将内部连接映射到外部网络中的一个单独的 IP 地址上，同时在该地址上加上一个由 NAT 设备选定的 TCP 端口号。允许 LAN 上的多个设备映射到一个单一的公共 IP 地址。

4. CIDR（Classless Inter-Domain Routing）：无分类域间路由选择是在变长子网编码的基础上提出的一种消除传统 A,B,C 类网络划分，并且可以在软件的支持下实现超网构造的一种 IP 地址的划分方法。

5. ARP(Address Resolution Protocol）地址解析协议：完成 **IP 地址到 MAC 地址**的映射。

6. RARP 逆向地址解析协议：允许局域网的物理机器从网关服务器的 ARP 表或者缓存上**请求其 IP 地址**。

7. ICMP(Internet Control Message Protocol)**网际控制报文协议**：允许主机或路由器报告差错和异常情况。ICMP 报文作为 IP 数据报的数据，加上数据报的首部，组成 IP 数据报发送出去。

8. DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol）**动态主机配置协议**（应用层协议）：是一个局域网的网络协议，使用 **UDP** 协议工作， 主要有两个用途：给内部网络或网络服务供应商自动分配 IP 地址，给用户或者内部网络管理员作为对所有计算机作中央管理的手段。

9. IGP：内部网关协议 eg. RIP IGRP EIGRP OSPF 用于在单一自治系统（Autonomous System,AS）内决策路由

10. EGP：外部网关协议，eg. BGP

11. DVP 距离矢量协议 ： RIP IGRP

12. LSP 链路状态协议： OSPF

13. RIP（Routing Information Protocol）（应用层协议）**路由信息协议**：**使用 UDP**，

特点:

仅和相邻路由交换信息

路由器交换的信息是当前本路由器所知道的全部信息，即自己的路由表。

按固定的时间间隔交换路由信息，如每 30 秒。

优点：实现简单，开销小，收敛过程较快。

缺点：RIP 限制了网络的规模，它能使用的最大距离为 15（16 为不可达）。

路由器之间交换的是路由器中的完整路由表，因此网络规模越大，开销越大。

当网络出现故障时，会出现慢收敛现象。“坏消息传得慢”

14. OSPF (OpenShortest Path First **开放式最短路径优先**)：是使用**分布式链路状态路由算法**的路由协议。

向本自治系统所有路由器发送信息，使用**洪泛法**。

发送整个路由表

OSPF 是网络层协议，直接 IP 数据报传送

单域 OSPF 的工作流程：**1.建立路由器的邻居关系**

2.选举一个 DR 和 BDR

3.发现所有路由

4.从 OSPF 拓扑表选择适当的路由

5.维护路由信息

15. IGRP（Interior Gateway Routing Protocol）与 **EIGRP 增强**

Cisco 专用协议，以延迟，带宽，负载，可靠性为度量标准

最大跳数：255 每 90 秒更新

16. 静态路由：指由网络管理员手工配置的路由信息。

动态路由：指路由器上的路由表项是通过相互连接的路由器之间彼此交换信息，然后按照一定的算法优化出来的。

17. BGP（Border Gateway Protocol）边界网关协议：是不同自治系统的路由器之间交换路由信息的协议。采用**路径向量路由选择协议**，BGP 是应用层协议，**基于 TCP**。

18. VLSM(Variable-Length Subnet Masks）变长子网掩码

19.Classful routing：有类路由，一个网络只能有一个子网掩码

20.支持无类路由的协议：OSPF，EIGRP，RIP v2， 静态路由

21.IGMP（Internet Group Management Protocol）组播协议

22.VPN（Virtual Private Network）虚拟专用网络，在公共网络上建立专用网络，进行加密通讯，VPN 网关通过对数据包的加密和数据包目标地址的转换实现远程访问。

23. 避免路由环路

水平分割（split horizon）是一种避免路由环路的出现和加快路由汇聚的技术。

概念：由于路由器可能收到它自己发送的路由信息，而这种信息是无用的，水平分割技术不反向通告任何从终端收到的路由更新信息，而只通告那些不会由于计数到无穷而清除的路由。

原理：水平分割法的规则和原理是路由器从某个接口接收到的更新信息不允许再从这个接口发回去。

水平分割的优点：1，能够阻止路由环路的产生。2，减少路由器更新信息占用的链路带宽资源。

毒性逆转（Poisoned Reverse）实际上是一种改进的水平分割，这种方法的运作原理是：路由器从某个接口上接收到某个网段的路由信息之后，并不是不往回发送信息了，而是发送，只不过是将这个网段的跳数设为**无限大**，再发送出去。收到此种的路由信息后，接收方路由器会立刻抛弃该路由，而不是等待其老化时间到（Age Out）。这样可以**加速路由的收敛**。

传输层

1. TCP（Transmission Control Protocol）传输控制协议

TCP 是在**不可靠的 IP 层之上实现的可靠的**数据传输协议，它主要解决传输的可靠、有序、无丢失和不重复的问

题。特点：

面向连接

点对点，全双工，不支持单播或组播

可靠

数据分为报文段

在目的站点重组数据

数据重传

建立连接（三次握手）：

→ SYN=1,seq=x

SYN=1，ACK=1，seq=y ack=x+1 ←

→ ACK=1 seq=x+1 ack=y+1

释放连接（四次握手）：

→ FIN=1,seq=u

ACK=1 , seq=v ， ack=u+1 ←

FIN = 1,ACK=1, seq=w， ack=u+1 ←

→ ACK=1， seq=u+1，ack=w+1

2. UDP（User Datagram Protocol）用户数据报协议

特点：

无需建立连接

无连接状态

分组首部开销小，TCP 有 20 字节，UDP 仅有 8 字节

分段没有软件的检查

没有认证，没有流控制

用于：对丢包可以忍受，但对速率敏感的场合。

应用 UDP 传输的协议：RIP,DNS,SNMP,TFTP,DHCP

3. **链路层的流量控制和传输层的流量控制区别**

一、链路层的流量是根据分配的带宽由路由器、交换机等网络设备控制的；

二、传输层的流量控制是用户电脑侧为了保证传输质量而由电脑操作系统控制的。**传输层流量受链路层流量影响。**

4. socket(端口)：网络上的两个程序通过一个双向的通信连接实现数据的交换，这个连接的一端称为一个 socket。

5.TCP 拥塞控制：慢开始和拥塞避免

快重传和快恢复

随机早期检测 RED

会话层

一些应用：NFS（network file system） 网络文件系统

SQL(Structured Query Language) 结构化查询语言

RPC（Remote Procedure Call Protocol） 远程调用协议

表示层

三个功能：数据格式化，数据压缩，数据加密

Graphic Interchange Format（GIF）

Joint Photographic Experts Group（JPEG）

应用层

1. **FTP**（File Transfer Protocol）文件传输协议 无连接，基于 UDP
2. **TFTP**（Trivial File Transfer Protocol）简单文件传输协议 无连接，基于 UDP
3. **Telnet** 远程终端协议 远程控制 Web 服务器

4. **SMTP** 简单邮件传输协议　　主动推送

5. **POP3** 邮局协议版本 3　　用户代理向邮件服务器发出请求，“拉”取用户邮箱的邮件

6. **SNTP**（Simple Network Management Protocol）简单网络管理协议

7. **Domian Name Server**（DNS）因特网上作为域名和 IP 地址相互映射的一个分布式数据库，能够使用户更方便的访问互联网，而不用去记住能够被机器直接读取的 IP 数串。

   根域名服务器→顶级域名服务器→授权域名服务器→本地域名服务器

8. **HTTP** 超文本传输协议

9. **SNMP（简单网络管理协议）**

网络设备

物理层

1. Repeater：　又称为**中继器**，主要功能是将信号整形并放大再转发出去

   5-4-3 规则：在采用粗同轴电缆的 10BASE5 以太网规范中，

   互相串联的中继器个数不能超过 4 个，

   而且用 4 个中继器串联的 5 段通信介质中，

   只有 3 个段可以挂接计算机，

   其余两个段只能用做扩展通信范围的链路段。

   放大器放大的是模拟信号，原理是将衰减的信号放大；

   中继器放大的是数字信号，原理是将衰减的信号整形再生。

2. 集线器（Hub）　实质上是一个多端口的中继器

   扩大网络的传输范围，属于共享式设备

   主要用于使用双绞线组建共享网络

   只能够在半双工下工作

数据链路层

1. 网卡（NIC，Network Interface Card）

   网卡不仅能实现与局域网传输介质之间的**物理连接**和**电信号匹配**，还涉及**帧的发送和接收**、**帧的封装与拆封**、**介质访问控制**、**数据的编码与解码**以及**数据缓存**的功能

   提供唯一的 MAC 地址

   成帧

2. 网桥（Bridge）：网桥工作在链路层的 MAC 子层，可以使以太网各网段成为**隔离**开的碰撞域

3. 局域网交换机（LAN Switches） 从本质上来说，以太网交换机就是一个多端口的网桥

   两个基本功能： 建立和维护交换表

   帧交换

   和网桥的区别： 高速，通过微分段实现 VLAN

   交换机使用硬件实现交换，网桥使用软件实现

   交换机增加 21 微秒的延迟

   两种转发方式： **贯穿式 存储转发式**

网络层

路由器：路由器是一种具有多个输入输出端口的专用计算机，其任务是连接不同的网络（连接异构网络）并完成路由转发。

路由组件：RAM（Random-Access Memory）随机存取存储器

存储路由表，ARP 缓存，快速交换缓存，包缓冲，包等待队列

NVRAM（Non-Volatile ~）非易失 RAM

断电后仍能保持数据结构的一种 RAM，存储备份或开始配置文件

Flash 闪存

可存储 Cisco IOS，允许不更换芯片升级软件，可以存储多个版本的 IOS

ROM（Read-Only Memory）只读内存

POST（Power On Self Test）加电自检

自举程序（加载 ISO）

操作系统（备份）

DR（Designate Router）:指定路由器，在同一个区域中，被选举出来代表所有路由的路由，为了减少在同一个网段中几个邻居互相交换信息的数量。

BDR（Backup Designated Router）：备份指定路由器