计算机网络复习整理

###### 概述

本章重要内容：

1. 互联网边缘部分和核心部分的作用
2. 计算机网络的性能指标
3. 计算机网络分层的体系结构
   1. 计算机网络在信息时代的作用

21世纪的重要特征：数字化、网络化、信息化，一个以网络为核心的信息时代。

有三类网络：电信网络（提供电话、电报、传真等服务）、有线电视网络（传送电视节目）和计算机网络（在计算机之间传送数据文件）。计算机网络是信息化过程的核心。

20世纪90年代后，以Internet为代表的计算机网络飞速发展，从最初仅供美国人使用的免费教育科研网络，发展为供全球使用的商业网络。

Internet译名：（1）因特网，全国科学技术名词审定委员会推荐，翻译较准确，但未得到推广。（2）互联网，流行译名。Internet由大量各种计算机互联，该译名可体现出Internet的主要特征。

仅在局部范围互连起来的计算机网络只能称为互连网，而不是互联网。互联网之所以能够向用户提供很多服务，基于两个重要特点：**连通性**（不管距离多远都可以便捷经济地交换信息）和**共享**（资源共享）。

* 1. 互联网概述

起源于**美国**的互联网已发展未世界上最大的覆盖全球的计算机网络。

**计算机网络**（简称**网络**）由若干**结点（node）**和连接这些结点的**链路（link）**组成。网络中的结点可以是计算机、集线器、交换器或路由器等。

网络之间通过路由器互连，构成一共覆盖范围更大的计算机网络，称为**互连网**。互连网是网络的网络。与网络相连的计算机常称为主机（host）。

互联网的基础结构大体上经历了三个阶段的演进。

第一个阶段：从单个网络ARPNET向互连网发展的过程。1969年美国国防部创建了第一个分组交换网ARPNET。1983年TCP/IP协议称为ARPNET的标准协议，所有使用该协议的计算机都能利用互连网通信，因此1983年被作为互连网的诞生时间。

**internet（互连网）是一个通用名词，泛指由多个计算机网络互连而成的计算机网络。**这些网络之间的通信协议可任意选择。

**Internet（互联网，或因特网）是一个专用名词，指当前全球最大开放的、由众多网络相互连接而成的特定互联网，采用TCP/IP协议族作为通信规则，前身是美国的ARPNET。**

第二阶段的特点是建成了**三级结构的互联网**（主干网、地区网、校园网或企业网）。

第三阶段的特点是形成了多层次ISP结构的互联网。**互联网服务提供者ISP**就是一个进行商业活动的公司，也译为互联网服务提供商（中国电信、中国移动）。所谓上网就是指通过某ISP获得的IP地址接入到互联网。

ISP按照提供服务的覆盖面积大小和拥有IP地址数目的不同分为：主干ISP（由几个专门公司创建和维持，服务面积最大）、地区ISP（较小的ISP，通过主干ISP连接）和本地ISP（给用户提供直接的服务，可以连接到地区ISP或主干ISP）。

**互联网交换点IXP**的主要作用：允许两个网络直接相连并交换分组，不需要再通过第三个网络来转发分组。IXP由一个或多个网络交换机组成，许多ISP再连接到这些网络交换机的相关端口。IXP常采用工作在数据链路层的交换机，这些交换机都用局域网互连起来。

互联网的迅猛发展始于20世纪90年代，欧洲原子核研究组织CERN开发的**万维网WWW**被广泛使用在互联网上。

所有的互联网标准都是以RFC（请求评论）的形式在互联网发表的。

制定互联网的正式标准要经历：（1）互联网草案（2）建议标准（此时成为RFC文档）（3）互联网标准

* 1. 互联网的组成

从工作方式上可分为：（1）**边缘部分**，由所有连接在互联网上的主机组成。这部分是用户直接使用的，用来进行通信和资源共享。（2）**核心部分**，由大量网络和连接这些网络的路由器组成，为边缘部分提供服务（连通性和交换）。

处在互联网边缘的部分就是连接在互联网上的所有主机，又称为**端系统**。边缘部分利用核心部分的服务使众多主机之间能够互相通信并交换或共享数据。主机A和主机B通信，是指主机A的某个进程和主机B的另一个进程通信，简称为计算机之间通信。

在网络边缘的端系统之间的通信方式可分为：客户-服务器方式（C/S）和对等方式（P2P）。

客户-服务器方式是最常用的，也是传统方式，如发送电子邮件和上网查找资料。**客户（client）**和**服务器（server）**都是指通信中设计的两个应用进程。客户-服务器方式描述的是进程之间服务和被服务的关系。**客户是服务请求方，服务器是服务提供方。**

客户程序特点：被客户调用后主动向远地服务器发起通信，因此必须知道服务器程序的地址。不需要特殊硬件和复杂的操作系统。

服务器程序特点：专门用来提供某种服务的程序，可同时处理多个远地或本地客户请求。系统启动后自动调用并不断运行，被动等待并接受来自各地的客户通信请求。不需要知道客户程序的地址。一般需要强大的硬件和高级操作系统的支持。

**对等连接**是指两台主机在通信时并不区分哪一个是服务请求方哪一个是服务提供方。从本质上对等连接方式依旧是客户-服务器方式，只是对等连接中的每一台主机既是客户又是服务器。

网络核心部分向网络边缘中的大量主机提供连通性，使边缘部分的任何一台主机都能够向其他主机通信。在网络核心部分起特殊作用的是路由器（router），它是一种专用计算机（不叫主机）。路由器是实现分组交换的关键构建，其任务是转发收到的分组，是网络核心部分最重要的功能。

电路交换：**交换**就是按照某种方式动态地分配传输线路的资源。必须经过**建立连接**（占用通信资源）->**通话**（一直占用通信资源）->**释放连接**（归还通信资源）三个步骤的交换方式称为电路交换。电路交换的重要特点：在通话的全部时间内，通话的两个用户始终占用端到端的通信资源。电路交换传送计算机数据的效率很低。

分组交换：采用存储转发技术。把要发送的整块数据称为一个**报文**（message），发送前将其划分为一个个更小的等长数据段，在每一个数据段之前加上一些必要的控制信息组成的首部（header）后就构成了一个分组（packet）。分组又称为包，而分组的首部也可以称为包头。分组是在互联网中传送的数据单元。分组的首部中包含了诸如目的地址和源地址等重要信息，因此每个分组才能在互联网中独立选择传输路径并被正确交付到分组传输的终点。

位于网络边缘的主机和位于网络核心部分的路由器都是计算机，但作用不一样。主机是为用户进行信息处理的，并可以和其他主机通过网络交换信息。路由器是用来转发分组的。

路由器暂时存储的是一个个短分组，不是整个的长报文。短分组暂存在路由器的存储器（内存）中而不是磁盘中，这保证了较高的交换速率。分组交换在传送数据之前不必先占用一条端到端的链路的通信资源，分组是断续占用通信资源的，因而数据传输效率高。

采用存储转发的分组交换，实质上是采用了在数据通信的过程中断续（或动态）分配传输带宽的策略。适合传送突发式的计算机数据。为提高分组交换网的可靠性，互联网的核心部分常采用网状拓扑结构。

分组交换的优点：（1）高效，动态分配传输带宽，逐段占用通信链路。（2）灵活，为每一个分组独立选择最合适的转发路由。（3）迅速，以分组作为单位，可以不先建立连接就能向其他主机发送分组。（4）可靠，保证可靠性的网络协议。

分组交换的问题：（1）存储转发需要排队，存在一定时延。（2）不预先建立连接，无法确保通信时端到端所需的带宽。（3）携带的控制信息造成开销。

**电路交换**：整个报文的比特流连续地从源点直达终点，好像在一个管道中传送。

**报文交换**：整个报文先传送到相邻结点，全部存储后查找转发表再转发到下个结点。

**分组交换**：单个分组传送到相邻结点，存储下来后查找转发表转发到下个结点。

若要连续传送大量数据且传送时间远大于建立时间，则电路交换的传输速率较快。报文交换和分组交换不需要预先分配传输带宽，在传送突发数据时可提高网络的信道利用率。由于分组的长度远小于整个报文的长度，分组交换比报文交换时延小，也具有更好的灵活性。

* 1. 计算机网络在我国的发展

最早着手建设专用计算机广域网的是铁道部，1989年我国第一个公用分组交换网CNPAC建成运行。1994年我国用64kbit/s专线正式接入互联网，同年中科院设立了第一个万维网服务器。

* 1. 计算机网络的类别

1. 按照网络的作用范围

（1）**广域网WAN** 作用范围几十到几千公里，也称远程网。广域网是互联网的核心部分，任务是通过长距离运送主机发送的数据。连接广域网的各结点交换机的链路是高速链路，有较大的通信容量。

（2）**城域网MAN** 作用范围一般是城市，约5-50km。用来将多个局域网互连，许多城域网采用以太网技术，因此有时也并入局域网范围讨论。

（3）**局域网LAN** 一般用微型计算机或工作站通过高速通信线路相连，地理上局限在较小范围（1km左右）。

（4）**个人区域网PAN** 在个人工作的地方把属于个人使用的电子设备用无线技术连接起来的网络，也称无线个人区域网WPAN，范围很小，大约在10m左右。

若中央处理器之间距离非常近（1m甚至更小），则称**多处理机系统**而不是计算机网络。

1. 按照网络的使用者

（1）**公用网** 指电信公司建造的大型网络，所有按规定付费的人都可使用，也称公众网。

（2）**专用网** 某个部门为满足本单位的特殊业务需要建造的网络，一般不对外提供服务。

1. 用来把用户接入到互联网的网络

**接入网AN（Access Network）**，称为本地接入网或居民接入网。接入网本身既不属于互联网的核心部分，也不属于边缘部分。接入网是从某个用户端系统到互联网的第一个路由器（边缘路由器）之间的一种网络。从覆盖范围看属于局域网。初期用户多用电话线拨号接入，速率很低，现在多用宽带接入。

* 1. 计算机网络的性能

计算机网络的性能一般指它的几个重要指标，此外一些非性能特征也对计算机网络的性能有很大影响。

计算机网络的性能指标：

1. **速率** 计算机发出的信号都是数字形式的。网络中速率指数据的传送速率，也称数据率或比特率，一个比特就是二进制数字的一个0或1。
2. **带宽** 原指某个信号具有的频带宽度（频域称谓），单位是赫兹。计算机网络中，带宽表示网络中某通道传送数据的能力（时域称谓），网络带宽表示单位时间内某信道能通过的最高数据率，单位即数据率的单位bit/s。
3. **吞吐量** 单位时间内通过某个网络（信道/接口）的实际数据量。受到带宽或网络额定速率的限制。
4. **时延** 数据从网络（链路）的一端传送到另一端所需的时间，也称**迟延**或**延迟**。
5. **发送时延**：主机或路由器发送数据帧需要的时间，也就是发送数据帧的第一个比特算起，到该帧的最后一个比特发送完毕所需的时间，也叫传输时延。

发送时延=数据帧长度（bit）/发送速率（bit/s）

1. **传播时延**：电磁波在信道中传播一定的距离需要花费的时间。

传播时延=信道长度（m）/电磁波在信道上的传播速率（m/s）

发送时延发生在机器内部的发送器中（一般在网络适配器中），与传输信道的长度（或信号传送的距离）无关。传播时延发生在机器外部的信道媒体上，与信号的发送速率无关。

1. **处理时延**：主机或路由器收到分组时要花费一定时间进行处理。
2. **排队时延**：分组进入路由器后要再输入队列中排队等待处理。

对于高速网络链路，提高的仅是数据的发送速率，而不是比特在链路上的传播速率。

1. **时延带宽积** =传播时延x带宽，又称以比特为单位的链路长度，表示链路可容纳多少个比特。
2. **往返时间RTT** 有效数据率=数据长度/（发送时间+RTT）
3. **利用率** 有信道利用率和网络利用率，信道利用率指某信道有百分之几的时间是被利用的（有数据通过），完全空闲的信道利用率为0。网络利用率时全网络的信道利用率的加权平均值。

网络当前时延D=网络空闲时延D0/（1-利用率U）。信道或网络的利用率过高会产生非常大的时延。

计算机网络的非性能特征

1. 费用 一般来说网速越高，价格越高
2. 质量 取决于网络中构件的质量和构件组成网络的方式
3. 标准化 最好采用国际标准，可得到更好的互操作性，易于得到技术支持
4. 可靠性 与网络的性能和质量密切相关
5. 可扩展性和可升级性 性能越高扩展费用和难度越高
6. 易于管理和维护 没有良好管理和维护很难达到和保持目标性能
   1. 计算机网络的体系结构

相互通信的两个计算机系统必须高度协调，为设计这样复杂的计算机网络，最初ARPNET设计时就提出了分层的方法。分层可将庞大而复杂的问题转化为若干较小的局部问题，从而易于研究和管理。

为使不同网络体系结构的计算机网络实现互连，国际标准化组织ISO提出了著名的**开放系统互连参考模型OSI/RM**，简称OSI。**开放**指非独家垄断，只要遵循OSI标准，系统就可和世界上任何地方的也遵循统一标准的其他任何系统通信。**系统**指在现实的系统中与互连有关的各部分。OSI是抽象概念，1983年形成了ISO 7498国际标准，即七层协议的体系结构。

OSI失败原因：（1）专家缺乏实际经验（2）实现复杂，效率低（3）制订周期太长，按OSI标准生产的设备无法及时进入市场（4）层次划分不合理，有些功能在多层次重复

网络协议：为网络中的数据交换建立的规则、标准或约定

由以下三个要素组成：（1）**语法**，数据与控制信息的结构或格式（2）**语义**，需要发出何种控制信息，完成何种动作以及做出何种响应（3）**同步**，事件实现顺序的详细说明

分层好处：

1. **各层之间是独立的**。某一层不需要知道它下一层的具体实现，只需要知道该层通过层间接口所提供的服务。降低了整个问题的复杂性。
2. **灵活性好**。任何一层发生变化时，只要层间接口的关系不变，则这层以上或以下均不受影响。
3. **结构上可分隔开** 各层都可采用最合适的技术实现
4. **易于实现和维护**
5. **可促进标准化工作** 分层时应使每一层的功能非常明确，各层的功能主要有以下（可包含一种或多种）：**差错控制**，使相应层次对等方的通信更加可靠；**流量控制**，发送端的发送速率必须使接收端来得及接受；**分段和重装**，发送端将数据库划分，在接收端还原；**复用和分用**，发送端几个高层会话复用一条低层连接，在接收端再进行分用；**连接建立和释放**，交换数据前先建立一条逻辑连接，数据传送结束后释放。

网络的**体系结构**：**计算机网络的各层及其协议的集合**。体系结构是抽象的，实现是具体的，是真正在运行的计算机硬件和软件。

OSI的七层协议体系结构概念清楚，理论完整，但既复杂又不实用。TCP/IP体系结构则不同，TCP/IP是一个四层体系结构，包含应用层、运输层、网际层和网络接口层。从实质上讲TCP/IP只有最上面的三层，因为网络接口层没有具体内容。因此学习计算机网络原理时往往采取折中方法，综合OSI和TCP/IP的优点，采用一种只有五层协议的体系结构。

1. **应用层**

体系结构中的最高层，任务是**通过应用进程间的交互来完成特定网络应用**。应用层协议定义的是应用进程间通信和交互的规则。应用层协议：DNS、HTTP、SMTP。应用层数据单元：报文（message）。

1. **运输层**

运输层的任务就是负责向**两台主机中进程之间的通信提供通用的数据传输服务**。由于一台主机可同时运行多个进程，因此运输层有复用和分用的功能。复用就是多个应用层进程可同时使用下面运输层的服务，分用是运输层把收到的信息分别交付上面应用层中的相应进程。

运输层主要使用以下两种协议：

**传输控制协议TCP**：提供面向连接的、可靠的数据传输服务，数据传输单位是报文段（segment）。

**用户数据报协议UDP**：提供无连接的、尽最大努力的数据传输服务（不保证数据传输的可靠性），数据传输单位是用户数据报。

1. **网络层**

网络层负责为分组交换网上的不同**主机**提供通信服务，网络层把运输层产生的报文段或用户数据报封装成分组或包进行传送。在TCP/IP体系中，网络层使用**IP协议**，因此分组也叫做**IP数据报**，或简称**数据报**。

**无论哪一层传送的数据单元，都可笼统地用分组来表示**，运输层的用户数据报UDP和网络层的IP数据报不同。

网络层的另一个任务即选择合适的路由，使源主机运输层传下来的分组，能够通过网络中的路由器找到目的主机。网络层中的**网络**不是通常提到的具体网络，而是计算机网络体系结构模型中的第三层的名称。

互联网由大量的异构网络通过路由器相互连接起来。互联网使用的网络层协议是无连接的**网际协议IP**和许多种路由选择协议，因此互联网的网络层也叫做**网际层**或**IP层**。

1. **数据链路层**

简称为链路层。两个相邻结点之间传送数据时，数据链路层将网络层交下来的IP数据报**组装成帧（framing）**，在两个相邻结点之间的链路上传送**帧（frame）**。每一帧包括数据和必要的**控制信息**（如同步信息、地址信息、差错控制等）。

接收数据时，控制信息使接收端能够知道一个帧从哪个比特开始到哪个比特结束。还使接收端能够检测收到的帧中有无差错，如发现差错就简单地丢弃。

1. **物理层**

传送的数据单位是**比特**。物理层要考虑用多大的电压代表1或0，以及接收方如何识别发送方所发送的比特。物理层还要确定连接电缆的插头应有多少根引脚以及各引脚如何连接。传递信息所利用的物理媒体，如双绞线、同轴电缆、光缆、无线信道等并不在物理层协议内而是其下面。

TCP/IP并不一定单指TCP和IP两个具体的协议而是表示互联网所使用的整个TCP/IP协议族。

主机1的应用进程M向主机2的应用进程N传送数据时，M将数据交给应用层，应用层加上控制信息后（变为下一层的数据单元）再传给运输层，如此逐层递交，到了第二层（数据链路层）后，控制信息被分为两部分，分别加到本数据单元的首部和尾部，而第一层（物理层）由于是比特流的传送，所以不加控制信息，传送比特流时应从首部开始。OSI将对等层之间传送的数据单位称为该层的**协议数据单元PDU**。

比特流离开主机1经网络的物理媒体传送到路由器，从路由器的第一层依次上升到第三层，每一层都根据控制信息进行必要操作，然后剥去控制信息，将剩下的数据单元交给更高层。当分组到第三层时根据首部中的目的地址查找路由器中转发表，找出转发分组的接口，然后往下传送到第二层，加上新的首部和尾部，再到第一层，发送比特。

比特流到达主机2时，就从主机2的第一层按上述方式依次上升到第五层，最后把应用进程M发送的数据交给目的站的应用进程N。

使用**实体（entity）**表示**任何发送或接收信息的硬件或软件进程**，许多情况下实体就是一个特定的软件模块。

**协议是控制两个对等实体进行通信的规则的集合**。协议的语法定义了所交换的信息的格式，协议的语义定义了发送者或接收者所要完成的操作。**在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务**。要实现本层协议，还需要使用下面一层提供的服务。

协议和服务是不同的。协议的实现保证了能够向上一层提供服务，使用本层服务的实体只能看见服务而无法看见下面的协议，下面的协议对上面的实体是透明的。

**协议是水平的**，是控制对等实体直接的通信规则。但**服务是垂直的**，即由下层向上层通过层间接口提供的。只有能被高一层实体看得见的功能才能称为服务，上层使用下次服务必须通过与下层交换一些命令（在OSI中称为**服务原语**）。

同一系统中相邻两层的实体进行交互的地方称为**服务访问点SAP**。SAP是一个抽象概念呢，实际上是一个逻辑接口，OSI把层与层之间交换的数据的单位称为**服务数据单元SDU**，它可以与PDU不一样，例如可以是多个SDU合为一个PDU，也可以是一个SDU划分为几个PDU。

第n层向第n+1层提供的服务已经包括在它以下的各层提供的服务。第n层的实体对第n+1的实体相当于一个服务提供者，在服务提供者的上一层的实体又称为**服务用户**，因为它使用下层服务提供者提供的服务。

协议必须把**所有**不利的条件实现估计到，而**不能假定一切都是正常的和非常理想的**。因此看一台计算机网络协议是否正确，不能只看正常情况下是否正确，还必**须非常仔细检查这个协议能否应付各种异常情况**。

TCP/IP协议可为各种应用提供服务，同时TCP/IP协议也允许IP协议在各式各样的网络构成的互联网上允许。IP协议在互联网中起核心作用。

1.8 本章的重要概念

计算机网络（简称网络）把许多计算机连接在一起，而互连网则把许多网络连在一起，是网络的网络。

以i小写开头的internet（互连网）是通用名词，泛指由多个计算机网络互连而成的网络，在这些网络之间的通信协议可以是任意。

以I大写开头的Internet（互联网）是专用名词，指当前全球最大的、开发的、由众多网络相互连接而成的特定互连网，并采用TCP/IP协议族作为通信规则，前身是美国的ARPNET。

互联网采用存储转发的分组交换技术以及三层ISP结构。

互联网按工作方式分为边缘部分与核心部分。主机在网络的边缘部分，作用时进行信息处理。路由器在网络的核心部分，其作用是按存储转发方式进行分组交换。

计算机通信时计算机中进程的通信，通信方式分为客户-服务器方式和对等连接方式（P2P）。

客户和服务器都是通信中涉及的应用进程，客户是服务请求方，服务器是服务提供方。

按作用范围不同，计算机网络分为广域网WAN、城域网MAN、局域网LAN和个人区域网PAN。

计算机网络的常用性能指标：速率、带宽、吞吐量、时延、时延带宽积、防范时间和信道（网络）利用率。

网络协议即协议，是为进行网络中的数据交换而建立的规则，计算机网络的各层及其协议的集合，称为网络的体系结构。

五层协议的体系结构由应用层、运输层、网络层（网际层）、数据链路层和物理层组成。运输层最重要的协议是TCP和UDP协议，而网络层最重要的是IP协议。