

## 课堂小测验及答疑汇总

(截止 2020 年 4 月 7 日 19:30)

### ■ 2020 年 4 月 7 日

Q1. For a CSMA/CD network with bus topology, assume the frame time is  $T_0$ , and the propagation delay of the cable is  $\tau$ , which are the vulnerable period and contention slot time respectively?

- A.  $T_0, 2T_0$
- B.  $T_0, 2\tau$
- C.  $\tau, 2T_0$
- D.  $\tau, 2\tau$

Answer: D

CSMA/CD 和 CSMA 一样，由于传播时延的存在，冲突不可避免。站点的易冲突期 (vulnerable period) 为单程传播时延  $\tau$ ，即从某个站点开始发送算起，最多需要经过  $\tau$  时刻，信号才能传播到达 LAN 上的全部站点；此前，另一个站点监听信道，信道可能是空闲的，这第二个站点的发送将导致冲突。

CSMA/CD 的竞争时隙 (contention slot) 是  $2\tau$ ，即从一个站点开始发送（边发送边检测冲突）算起，最多经过  $2\tau$  的时间，一定能发现冲突；如果  $2\tau$  内发生冲突，则不保证能检测到。这也是以太网要求最短帧长的原因。

Q2. About IEEE802 Reference Model, determine True(T) or False(F) for the statements below:

1. Different LAN may have different LLC sub-layer protocols.
2. Different LAN may have different MAC sub-layer protocols.
3. A LAN protocol may include multiple physical layer protocols.

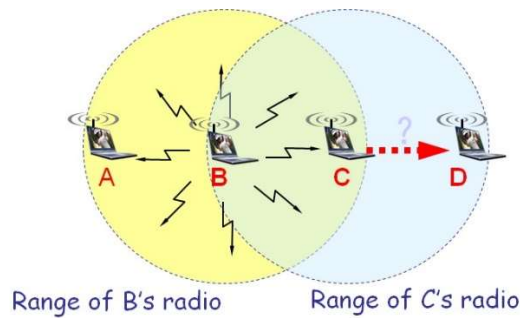
- A. T T T
- B. T T F
- C. T F F
- D. F T T
- E. F T F
- F. F F F

Answer: D

不同的 LAN 的区别从 MAC 子层开始，如 Ethernet(IEEE802.3) 和 wifi(IEEE802.11)，因此第 2 句是正确的；LLC 子层都遵守同一个协议：IEEE802.2，因此第 1 句是错误的；一种 LAN 可以有不同的物理层协议，如 Ethernet 的物理层有 10Base5、10Base2 和 10BaseT 多种协议，因此第 3 句也是正确的。

课堂讨论：

MACA 协议如何使用 RTS 和 CTS 解决暴露站问题？



如上图所示，B 要发送数据给 A，B 先发送 RTS，A 和 C 都能收到；A 没有收到其他数据，回复 CTS；C 则保持沉默，不发送。A 和 B 握手成功，B 开始发送。C 没有收到 CTS，知道自己的发送不会引起接收方的冲突，因此发送 RTS，D 收到，回复 CTS，C 发送数据给 D。

Q: 如果来自于 A 的 CTS 和来自于 C 的 RTS 在 B 处发送冲突，怎么办？

A: 握手失败，B 和 C 都会退避一段时间之后重发 RTS，参照讲义上两个站点同时发送 RTS 的情形。

答疑汇总：

Q: Little 定律和  $T=1/(\mu-\lambda)$  有什么关系？

A: Little 定律的描述是：在一个稳定的系统中，长时间观察到的平均顾客数量  $L$ ，等于长时间观察到的有效到达速率  $\lambda$  与平均每个顾客在系统中停留时间的乘积，即  $L=\lambda W$ 。这是适合于一个带有输入和输出的任意系统的通用法则。

我们讨论的共享信道系统可以看作一个 M/M/1 的排队系统，其中第一个 M 指帧的到达服从泊松分布；第二个 M 指服务时间服从指数分布，“1”指的是只有一条信道。

基于 M/M/1 模型的数学推导，Little 定律可以变换为  $T=1/(\mu-\lambda)$ ，其中 T 就是 Little 定律中的 W。

为防止歧义，对应的讲义 p7 修改如下：（第四章结束后，将重新上传讲义修正版）

### Static Channel Allocation (静态信道分配)

■ From Little's Law and M/M/1 Queuing System

$$T = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$\mu$ : Average Service Rate  
 $\lambda$ : Average Arrival Rate  
 $T$ : Average Waiting Time (Queuing Time + Service Time)

■ Channel is divided into  $N$  static sub-channels

◆ FDM: user number is small and constant, with heavy load of traffic of each user

$$T_{FDM} = \frac{1}{\mu C / N - \lambda / N} = NT$$

C: Channel capacity (data rate), bps  
T: Mean delay (waiting time + service time)  
 $\lambda$ : Frame arrival rate, frames/sec  
 $1/\mu$ : mean frame length, bits

7

■ 2020 年 4 月 3 日

Q1. What type of service is provided by Ethernet?

- A. connection-oriented service
- B. connectionless service

- C. connectionless service with explicit ACK
- D. None of the above

Answer: B

不同网络的数据链路层协议向上层提供的服务不同：

- HDLC 提供面向连接的服务
- Ethernet 提供无连接的服务
- wifi 提供无连接带确认的服务

Q2. Which statement is NOT TRUE for stations using pure ALOHA?

- A. A station transmits at will without coordination with other stations
- B. A station can only find collision when timer expires
- C. After timer expires, the station retransmits the frame at once.
- D. The vulnerable period is twice the frame time, i.e.  $2T_0$

Answer: C

使用 ALOHA 协议的站点有数据就发，不会考虑其他站点（选项 A）；发送后启动超时定时器，如果在定时器超时之前收到 ACK，说明发送成功；否则认为传输出错（包括冲突，选项 B）。站点要随机等待一段时间之后再重发（因此选项 C 错误）。一帧不会和其他帧冲突的前提是：在这一帧发送之前，其他帧已经传输结束（和前一帧的间隔  $\geq T_0$ ）；在这一帧传输的帧时间内，没有其他帧产生（发送）（和后一帧的间隔  $\geq T_0$ ），即  $2T_0$  内只能产生一帧，易冲突期（脆弱期/危险期）为  $2T_0$ （选项 D）。

▪ 2020 年 3 月 31 日

Q1. For protocol6, in which cases NAK will be sent while frame-expected=6 and no\_nak is true?

- A. received a damaged frame with seq=6
- B. received a frame with seq=4
- C. received a duplicated ACK
- D. received a frame with seq=7

Answer: A、B、D

协议 6 的算法中，发现接收有错时，并且对同一帧的 NAK 没有发送过（即 no\_nak=true），则发送 NAK。接收有错误的情况包括：CRC 校验计算的结果不为 0（选项 A 的情况）；收到的帧序号不是 frame-expected（可能是重复帧（选项 B 的情况）、也可能是在 frame-expected 对应帧之后发送的帧（选项 D 的情况，说明 frame-expecte 对应的帧可能丢失））。

Q2. Consider a 50-kbps satellite channel with a 500-msec round-trip propagation delay, 1000-bit frames are sent with Go-back-N ARQ and short ACK frames as acknowledgement. If a line utilization of 50% is required, how many bits at least shall be used for sequence number?

- A. 3
- B. 4
- C. 5
- D. 6

Answer: B

数据帧的发送时延=1000/50k= 20ms, 传播时延= 500ms,  $\alpha = 500/20 = 25$   
采用较短的 ACK 帧进行确认, 可忽略 ACK 帧的发送时延,

信道利用率  $U = W / (1 + 2\alpha) \geq 50\%$ , 即  $W = 2^n \geq 13$ , 即序号位数  $n \geq 4$

注意: 此时序号的最大值是  $2^4 - 1 = 15$ , 但  $W$  不一定能达到 15。

■ 2020 年 3 月 27 日

Q1. For a Go-back-N ARQ with 3-bit sequence number, if the seq number in current receiving windows is 0, while the entity receives an un-damaged frame with  $r.seq=1$ , what will the entity do for a proper operation? (Assume the entity always has a packet to send)

- A. accept the frame and send a frame with  $s.ack=1$
- B. discard the frame
- C. discard the frame and send a frame with  $s.ack=0$
- D. discard the frame and send a frame with  $s.ack=7$

Answer: D

接收窗口中的序号为 0, 说明只能接收 0 号帧, 其他序号的帧都被丢弃, 因此 1 号帧被丢掉。

$s.ack$  用于确认最后一个正确收到的帧, 即 `frame_expected` 之前的那一帧。接收窗口中的 `frame_expected=0`, 因此  $s.ack=7$ 。

Q2. 视频 part8 中, p10, 2 号帧出错, 发送 NAK2。在 protocol6 的伪代码中, 因 2 号帧出错而发送的 NAK 帧中,  $s.ack=?$

- A. 0
- B. 1
- C. 2
- D. 3

Answer: B

$s.ack$  用于确认最后一个正确收到的帧, 即 `frame_expected` 之前的那一帧。接收窗口中的 `frame_expected=2`, 因此  $s.ack=1$ 。

答疑汇总:

Q: 协议 5 里, 如果收到了重复帧, 怎么处理?

A: 协议 5 (Go-back-N ARQ) 的接收窗口大小=1, 只能接收序号为 `frame_expected` 的数据帧, 如果序号不对, 不管重复帧还是超前帧 (在 `frame_expected` 对应帧之后发送的数据帧), 处理是一样的: 忽略 (即下面伪代码中, 不满足 if 条件, 则没有处理)。

由于协议 5 只有捎带确认, 没有单独的 ACK 帧, 因此在向对方发送数据帧时, 捎带反馈给对方 (下图中的 `send_data()`), 不会出现不断重复发送的死循环。

```

switch(event) {
case network_layer_ready:    /* the network layer has a packet to send */
    /* Accept, save, and transmit a new frame. */
    from_network_layer(&buffer[next_frame_to_send]); /* fetch new packet */
    nbuffered = nbuffered + 1; /* expand the sender's window */
    send_data(next_frame_to_send, frame_expected, buffer); /* transmit the frame */
    inc(next_frame_to_send); /* advance sender's upper window edge */
    break;

case frame_arrival:          /* a data or control frame has arrived */
    from_physical_layer(&r); /* get incoming frame from physical layer */

    if (r.seq == frame_expected) {
        /* Frames are accepted only in order. */
        to_network_layer(&r.info); /* pass packet to network layer */
        inc(frame_expected); /* advance lower edge of receiver's window */
    }
}

```

Q: 第 15 页 ppt 协议 6，如果到达的数据帧是按照顺序到达的话按照代码应该会启动两次 start ack timer，这是不是有问题啊？

A: 如果到达的数据帧序号是 frame\_expected，会执行两次 start\_ack\_timer()，在实现时解决，可以维持第一个，也可以让第二个刷新第一个。

▪ 2020 年 3 月 24 日

Q1. Assume 3-bit sequence number is used in Protocol 4. When a node receives a frame with r.seq=7 and r.ack=7, what will s.seq and s.ack be in the frame s it will send as a response?

- A. 7 and 7
- B. 7 and 0
- C. 0 and 7
- D. 0 and 0

Answer: C

帧中的发送序号取决于对方的 ACK 序号，对方确认了 7 号帧，现在可以发下一帧，即 0 号帧；帧中的 ACK 序号是要确认正确接收的最后一帧，对方帧中的发送序号是 7，因此 ACK 序号也是 7。

Q2. Assume 3-bit sequence number is used in a Go-back-N protocol. Now the sender has sent out 8 frames with sequence number 0,1,... and 7. When timing out, the sender only received ACK1 and ACK3, how many frames will the sender retransmit?

- A. 2
- B. 4
- C. 6
- D. 8

Answer: B

收到 ACK3，可以确认序号 3 及之前的帧全部正确收到。所以要重发的是序号为 4、5、6 和 7 的帧，一共 4 帧。

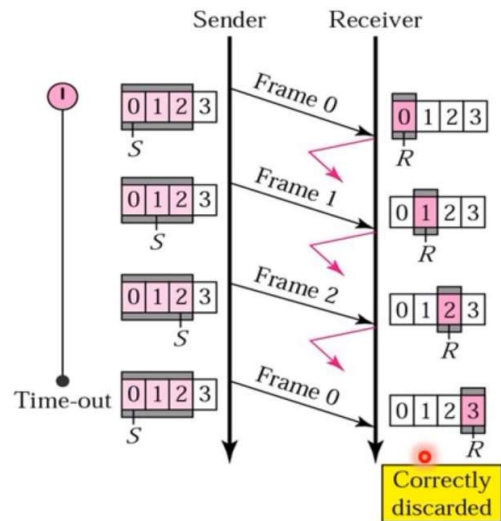
答疑汇总：

Q. 按照右边的图，重发的 0 号帧接收方也没有回送 ACK0，那不是会一直停在这个循环吗？

A. 接收方不回 ACK, 会死循环。

所以按照 Go-Back-N 协议的规定，这时候接收方重发 ACK2，告诉发送方 2 号帧及以前的各帧都已经正确收到。

收到 ACK2, 发送窗口移到[3,0,1], 发送 3 号数据帧。



■ 2020 年 3 月 20 日

Q1. A data link layer sending entity has 3 jobs before delivering bit stream to its physical layer,

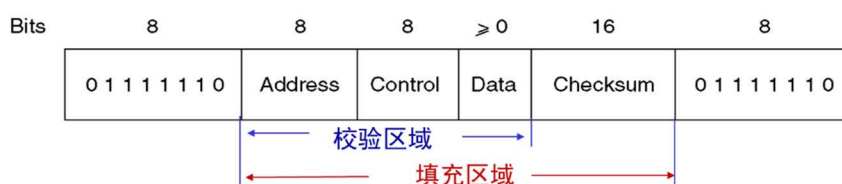
1. bit stuffing
2. adding header flag and trailer flag
3. adding checksum bits

What is the correct sequence of the 3 jobs?

- A. 123  
B. 312  
C. 132  
D. 321

Answer: B

如下图 HDLC 帧的示例，零比特填充的范围是帧首尾标志之间的全部内容，包括帧头和帧尾的控制信息（首尾标志除外）；校验的范围是帧首尾标志之间、除了校验字段本身之外的全部内容。



因此发送方先校验，再进行零比特填充，最后增加首尾标志：

而接收方则相反，先根据首尾标志取出一帧，然后把填充的零比特去掉，再计算校验。

在硬件实现中,上述三项工作由硬件电路一次性完成。

## Q2. 计算题

若  $G(x)=x^5+x^2+x+1$ ，接收方收到的数据是：1001 1011 1110 0101 1000，请判断该帧是否传输出错。

Answer:

被除数: 1001 1011 1110 0101 1000 (包括了校验位), 除数: 100111, 模 2 除法,

计算出余数：11111 $\neq$ 0，因此收到的帧有错。

### Q3.附加作业题

The following character encoding is used in a data link protocol: A: 01000111; B: 11100011; FLAG: 01111110; ESC: 11100000

Show the bit sequence transmitted (in binary) for the four-character frame:

A B ESC FLAG when each of the following framing methods are used:

- Character count.
- Flag bytes with byte stuffing.
- Starting and ending flag bytes, with bit stuffing.
- Frame the bits into 8-bit RS-232 characters. Use “0” to represent start bits and “1” to represent stop bits.
- Calculate the efficiency (as a percentage of real data per bit sent) of your answers to (a), (b), (c) and (d).

Answer:

1) 字符计数法:

00000101 01000111 11100011 11100000 01111110

增加了一个长度字节（长度值包括其本身），效率为  $4/5=80\%$

2) 字节填充法:

01111110 01000111 11100011 11100000 11100000  
11100000 0111 1110 01111110

增加了首尾标志和 2 个转义字符，效率为  $4/8=50\%$

3) 比特填充法:

01111110 01000111 11100011 11100000 01111110 01111110

增加了首尾标志和 3 位填充，效率为  $32/51=62.75\%$

4) RS232: 每个字符前面加 1 位起始位，后面加 1 位停止位，

0010001111 0111000111 0111000001 0011111101

效率为  $32/40=80\%$

注：RS232 是拨号上网方式下、MODEM 与计算机之间的通信协议（物理层协议），属于串行传输和异步传输方式。在物理层 PDF 讲义的 self-study 部分的最后几页有介绍。

### ▪ 2020 年 3 月 17 日

Q1. What type of service is provided to network layer by 10BaseT?

- connectionless service
- connectionless service with acknowledgement
- frame-based connection-oriented service
- byte-based connection-oriented service

Answer: A

10BaseT 是一种以太网标准，无需事先建立连接，接收方收到帧之后，不用向发送方回送确认（Acknowledgement: ACK）。

## Q2. 计算题

从信道上收到比特序列： 1101 0111 1110 0111 1110 1101 1011 1110 0010 1100 0101 1111 0101 1001 1111 1001，该比特序列中包含一个完整的帧，用十六进制写出该帧的内容（不包含帧的首尾标志）。

Answer:

1) 先找帧头、帧尾

即下面红色的比特串，第一个 01111110 不是这一帧的帧头，可以理解为是上一帧的帧尾

1101 0111 1110 **0111 1110** 1101 1011 1110 0010 1100 0101 1111 0101 100**1 1111 1001**

因此帧中的内容是：1101 1011 111**0** 0010 1100 0101 1111 **0**101 10

2) 去掉零比特填充（即上面比特串中蓝色的），之后比特串如下：

1101 1011 1110 0101 1000 1011 1111 0110

3) 换成十六进制：D B E 5 8 B F 6

## ▪ 2020 年 3 月 13 日

Q1. Which is the maximum data rate over a 4-kHz channel whose signal-to-noise ratio is 30 dB, and QAM-16 modulation is used?

- A. 8Kbps
- B. 32Kbps
- C. 40Kbps
- D. 64Kbps

Answer: B

香农公式确定了特定信道（已知带宽和信噪比）中的信道容量的上限是 40Kbps，但是实际的最大数据率，要看调制编码技术。使用 QAM-16，只能达到 32Kbps。类似题目的解法是比较两个公式的计算结果，取较小的值为信道的最大数据率。

Q2. About routing (hunting for a path) in a circuit switching network, which is true?

- A. There is no need for routing in circuit switching network.
- B. Routing is required only at connection set up phase.
- C. Routing is necessary during the whole procedure of communication.
- D. Routing is necessary at circuit termination phase.

Answer: B

电路交换网络在建立连接时选择路由和预约资源，之后在数据传输阶段，所有的数据都沿着已选定的路径传输，无需再进行路由选择。

## 物理层协议调查汇总：

注：表格中是对已提交的答复的汇总，后续继续补充及更正。

- 1) 参照讲义中关于 10BaseT 的物理层协议描述，写出你的计算机使用的物理层协议（数据率、传输介质、网络拓扑、接口特性）



名称	数据率(bps)	传输介质	拓扑结构	接口特性
蓝牙	60M	无线电 Radio	Piconet (星型?)	
IEEE 802.11n	300M/200M/150M/144M/135M/54M/50M?	无线电	星型	
IEEE 802.11a		无线电	星型	
IEEE 802.11ac	300M/150M	无线电	星型	
千兆以太网	1G	UTP6	星型	
100Base-T	100M	UTP5	星型	RJ-45 接口,

- 2) 你家里的接入网是什么? (模拟信道/数字信道、传输介质、数据率、用什么设备接入到运营商)

名称	信道	传输介质	数据率(bps)	接入设备
FTTH	模拟	光纤	50M/100M	光 纤 ADSL MODEM
4G LTE	模拟	无线电	10-100M	基站

## ▪ 2020 年 3 月 10 日

Q. Which multiplexing scheme is adopted in Internet?

- A. Code Division Multiple Access
- B. Frequency Division Multiplexing
- C. Time Division Multiplexing
- D. Wavelength Division Multiplexing

Answer: C

因特网(计算机网络)使用 TDM 技术,并且是统计时分复用。FDM 和同步 TDM 都会按照固定带宽来分配信道,不适合具有突发性的计算机数据。

答疑汇总:

Q: 传输层可能会将一个较大的数据分成若干小块,那么他封装的信息中是否含有这些小块谁是头谁是尾,还是可以通过传输的先后来判断各小块的顺序?

A: 在传输层也可能是别的层,如果需要分段的话或者分片的话,那必须要保证接收这一端能够顺利地重装。一个就是需要知道一共有多少个片段,以免缺少;此外还需要知道各个片段的顺序。这些信息需要放在实现分段/重装功能的这一层的 PDU 的包头。

Q: 是不是相移键控就是携带多个相位不同的信号,正交幅度调制就是携带多个不同幅度的信号?

A: PSK 本身就两个相位，一个码元只能携带一位数据；QPSK 有四个不同相位，每个相位的信号（码元）就可以表示携带两位二进制数据；正交幅度调制是调幅和调相的结合，相位或幅度不同，都表示不同的信号。到底有多少个不同信号，要看 QAM 后面那个数字。比如 QAM-16 说明有 16 个不同的信号码元，每个码元就能携带 4 位二进制数据。

Q: ADSL 上下行数据之间没有保护带么，上下行数据难道不会互相干扰么

A: ADSL 在数据信号和语音信号之间设了 5 个子信道的保护带，因为语音信号和数据信号分别要转发给不同的设备来处理，一定不能互相干扰。而上行数据和下行数据之间没有空闲子信道，因为我们在划分子信道的时候，每个子信道的带宽是 4.312KHz，超过了 4KHz 的带宽需要，可以把多余的频率范围理解为保护带。

Q: 采样速率 4000 波特，波特是一个速度单位吗？之前学的波特率是每秒传输的码元个数，那波特是否就理解成码元？

A: 波特 Baud 是信号速率，每秒传输(发送)的信号码元个数

Q: modem 的采样频率是 2400hz，为啥用了双绞线(utp)就能突破速率限制了？

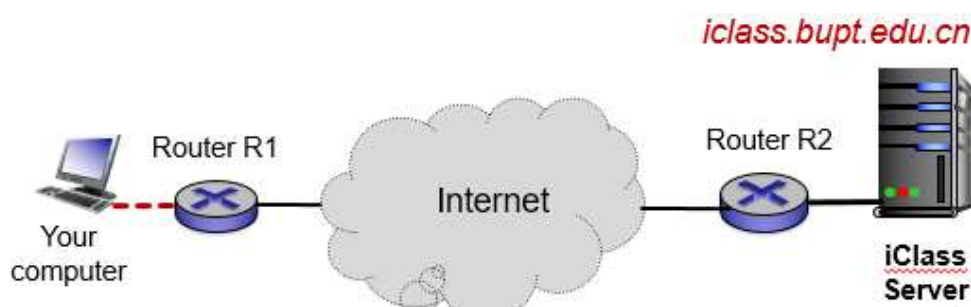
A. 传输介质没有换，都是 DSL，家里入户的电话线（UTP）。MODEM 和调制技术不一样。

波特率可以理解为 MODEM 的速率，即 MODEM 每秒发送/传输多少个码元，拨号上网使用的普通 MODEM 和 ADSL MODEM 不一样，波特率不同。

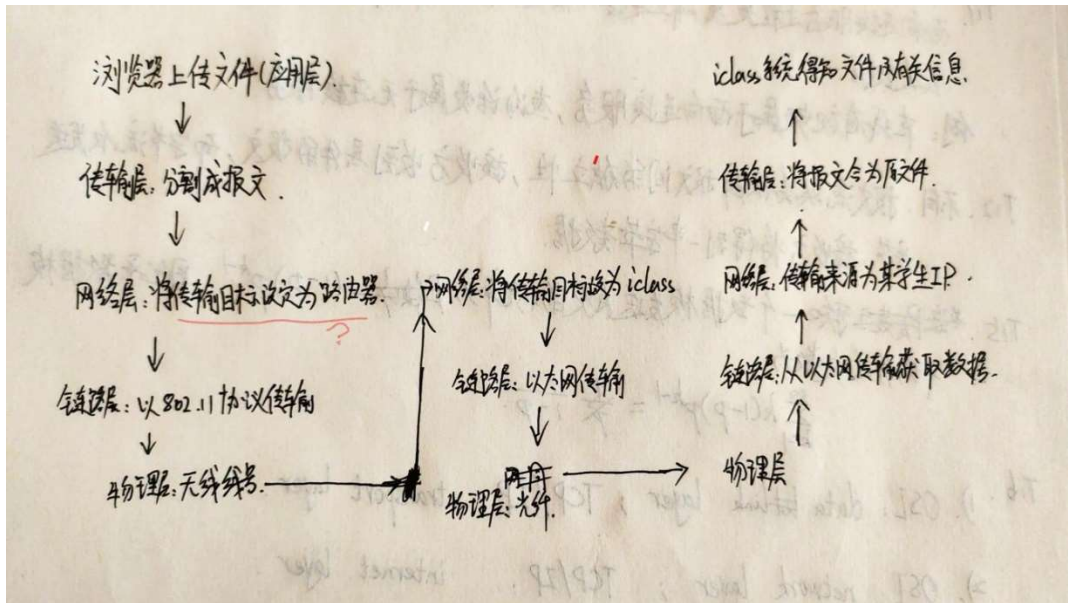
### 思考讨论题

注：这道题的目的是希望**每个人都思考，先给出自己的解答**，然后通过讨论、以及后面课程的学习，逐步修改和补充，在课程结束的时候，能够透彻地理解计算机网络整体的通信过程和主要原理。

Assume you would like to upload a homework file to *iClass* website, describe the process of file transfer, regarding the devices, the applications, the layers, the protocols, the protocol headers (tails), the information flow.



示例解答：（待进一步讨论、补充和修改）



补充/修改意见:

- 1) 网络层是携带 IP 地址，传输目标应该是另一台主机
- 2) 网络层是路由选择功能，网络层应该把数据转发到数据链路层
- 3) 要给出每一层应用的具体协议，比如 IP
- 4) 应用层协议应该是文件编码协议吧？
- 5) 应该有 HTTP、DNS、TCP 和 IP
- 6) 数据链路层添加源 MAC 地址和目的 MAC 地址吧（路由器 1 的 MAC 地址）？
- 7) 数据链路层的，大概有点到点线路，使用 PPP 协议，比如 ADSL 广播信道，使用 CSMA/CD，比如标准以太网，以及交换式以太网的部分类型

注：数据链路层和物理层要根据家里具体的联网环境，明确写出，不能都写

- 8) 关于 Wifi 的物理层，IEEE802 系列协议规定了不同的物理层接口，IEEE802.11 也有多个协议版本，比如 IEEE802.11a/b/g，可以查查家里设备的说明书，或者百度确定
- 9) 如果入户接光猫，光猫可能集成了路由器，也可能又连接了一个路由器，描述时选两种情况都行，后者会复杂一点。

■ 2020 年 3 月 6 日

Q1. Which of the following is not defined in network architecture?

- A. Function of each layer
- B. Protocols in each layer
- C. Services provided by each layer
- D. Implementation of certain service in each layer

Answer: D

网络体系结构定义的是分层、每层的功能、每层的协议和服务，不涉及服务和协议的具体实现。

Q2. Talking about bandwidth in Hz, which is true?

- A. Twisted pair < Radio and TV < Coax < Fiber
- B. Radio and TV < Twisted pair < Coax < Fiber

C. Radio and TV<Coax<Twisted pair<Fiber

D. Coax<Radio and TV<Twisted pair<Fiber

Answer: A

根据讲义或教材上的电磁波谱图 (Electromagnetic Spectrum) 可知。三种主要有线介质的带宽是：双绞线<同轴电缆<光纤，无线电（含电视信号）的带宽高于双绞线，低于同轴电缆。

课程内容总结：

参见授课视频。

答疑汇总：

Q：曼彻斯特是自带时钟编码是什么意思？

A：计算机等设备是独立工作的，依靠内部时钟来运行；不同的设备时钟的频率可能有差异。因此一位（一个比特）的发送时延（即位时间）可能不同。如果接收方的时钟和发送方的时钟不一致，接收方不能正确判断发送方的位时间，就无法变换为正确的数据，这就是失步（loss of synchronization）。对于 NRZ 编码，如果连续多个 0 或者多个 1，容易出现失步。

曼彻斯特编码每个码元中间有跳变，根据跳变可以判断出一位从哪里开始、到哪里结束，即实现同步。

使用曼彻斯特编码的网络，可以用连续发送多个 1 或者多个 0 来实现同步。

以太网的标准规定 (DIX 规范) 是：在帧前面有 8 个字节的前导码，序列是 1010...1011，除了最后两位是 11，前面都是 10，以此实现同步。

## ▪ 2020 年 3 月 3 日

Q1. For the following 2 statements, decide true or false.

1. Layer N protocol must be used to implement the service provided by layer N.

2. There is no need to consider the format of PDU when designing service primitives.

A. True, True

B. True, False

C. False, True

D. False, False

Answer: A

关于第一句话：要实现 N 层的服务，需要使用 N 层的协议。

例如，通过路由选择功能，网络层为传输层提供了服务：将传输层的 PDU 从源主机传输到了目的主机；而路由选择功能要遵守网络层协议，路由器使用网络数据包头的目的地址查表以确定转发的路径。

关于第二句话：服务原语是相邻两层交互的信息，PDU 是同层对等实体间交换的信息。二者在功能上有关系，但在实际规定上是解耦的，PDU 的格式(format，包含哪些字段 field、字段的长度及排列顺序)不会影响到服务原语的规定。

“我觉得有关系吧...PDU 也是要从上一层传送给下一层的啊”：(N+1)层的 PDU 通过服务原语交给 N 层实体，N+1-PDU 对于 N 层是不可见的，是作为数据部分封装在 N 层 PDU 里面。所以 N+1/N 层之间交互的服务原语的规定跟 N+1-PDU 无关。

Q2. In communications between 2 adjacent routers, which layer provides the function of data block exchange?

- A. Physical layer
- B. Data Link layer
- C. Network layer
- D. Transport layer

Answer: B

路由器的主要功能是路由选择和转发包，路由选择是根据数据包头的目的地址，查表确定，应该转发到哪个接口（网卡），**网络层**的转发就是把数据包交给所选择的接口的数据链路层。**数据链路层**封装成数据帧（就是题目中提到的 data block），发送（将对应的一串二进制位交给物理层），相邻的路由器的物理层收到信号，转换为位串，交给数据链路层，数据链路层处理帧头和帧尾。题目中的 **exchange** 指的是发送和接收数据块（虚拟通信或实际通信）。因此相邻路由器之间交换数据块的功能是由数据链路层实现的。

课程内容总结：

参见讲义和视频

答疑汇总：

Q：把路由器交换机的发送接收数据的功能是物理层吗？

A：LAN 交换机最低两层（物理层和数据链路层），路由器有下三层，它们都有物理层。物理层的基本功能是：发送方把数据转换成信号，发送到传输介质；接收方从传输介质接收信号，再转换成数据。LAN 交换机和路由器的数据链路层实现数据帧的发送和接收（虚拟通信）。在这两个设备里，物理层+数据链路层是由网卡实现的。

Q：信道带宽是指模拟信道还是数字信道？

A：对于模拟信道，带宽指的是能通过信道且损耗不大的信号的频率范围（频率差），单位是 Hz；对于数字信道，带宽是每秒能发送到信道的二进制位数，单位是 bps。

Q：为什么不同频率的信号在信道中的传播速度会不一样？

A：这是讲义中 p20 关于 delay distortion 的一句话。

《数据与计算机通信（第九版）》第三章 3.3.2 的解释如下：

时延失真是发生在传输电缆上的现象（如双绞线、同轴电缆和光纤），通过天线在空气中传输的信号不会有这种现象。时延失真的产生是由于在电缆上信号传播速度随频率的不同而改变。对频带有限的信号来说，在靠近中心频率的地方其传播速度趋于最快，而越靠近频带的两侧，传播速度越慢。因此，信号的不同频率成分到达接收器的时间也不同，从而导致了不同频率之间的相移。

▪ 2020 年 2 月 28 日

Q1. Which statement(s) is/are correct for a wifi network?

- A. It is a broadcast network
- B. It is a point-to-point network
- C. It is an access network
- D. It is an edge of 4G mobile communication network

Answer: A 和 C,

就传输技术而言，wifi 是广播网络；就互联网中的位置而言，wifi 是接入网。Edge 指的是通信网的边缘部分，帮助用户设备（如手机）接入网络。

Q2. Which statement is NOT true?

- A. A computer network can be organized as a set of layers.
- B. A single function can be performed by the corporation of adjacent 2 layers, thus the implementation is visible to both layers.
- C. Each layer offers a certain service(s) to its upper layer.
- D. The upper layer access the service provided through the interface.

Answer: B, 在网络体系结构中，各层是独立、互不依赖的，每一层完成一个完整的功能，功能的实现对于外部不可见（透明）。

其他的选项都是对的：计算机网络包含多个层；每一层向上层提供一定的服务，上层通过接口来访问（获得）相邻下层的服务。

p.s. 单选题，选择最佳答案。

**课堂提问：**你是怎么理解“封装”概念的？

理解正确的答复及补充解释：

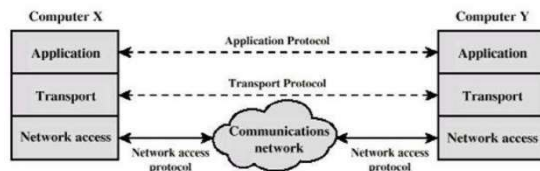
- 类似于“把信纸装进信封并贴上邮票”，用户（寄信人和收信人是上层），信纸及内容是他们的数据；邮政系统（工作人员、自动分拣机...）是下层，上层数据对他们透明（不可见），本层控制消息是信封上的地址和邮票。
- “封：内部数据 Private，正常情况下不暴露特性且不被更改；装：通过方法对数据打包，并将这个 package 作为操作的最小单元”，这个包就是本层的协议数据单元（PDU）
- “每一层加入了该层的头信息”，注意**最底层**不做封装
- “隐藏内部的细节，仅对外提供一些接口，比如去吃饭,只要点菜(接口)就好,不需要考虑菜是怎么做的”，“隐藏具体的操作细节使之对操作者呈现黑箱状态，仅仅留下接口”，“像函数调用一样，对外部隐藏实现”，“类似插线板只提供接口，知道每个接口怎么用，不暴露内部结构”，上述关于屏蔽内部实现的例子都不错。“加只有本层能识别的头部信息，把内部信息封闭只保留接口”，“只提供相应接口，而隐藏内部实现”，“仅对外公布接口，隐藏内部的信息与细节”，“封装把上层信息包装起来，在外部提供一个可以调用的接口，而无需了解内部具体信息”，“仅对外公开接口，隐藏对象的属性和实现细节”，“上层信息封装，对外公开接口，隐藏对象内部属性和实现细节”，“某层实体在上层信息上加入自己的控制信息,对外隐藏内部信息和提供接口”，“对上一层交付的信息进行封装，对外仅公开接口，隐藏内部细节”。上述答复都有一个误解，**封装是某一层实体遵守协议实现的，与接口无关。**
- “封装应该就是只给对应的层暴露它需要的信息吧？所以每层增加一个首部信息，在对应的层解封”，增加的首部就是本层协议规定的控制信息，对等实体可见、且必须处理。
- “仅本层可以识别的特异标识，向下层传输时添加，向上层传输时删除”，特意标识就是本层协议规定的控制信息。
- “某层实体在上一层交付的数据面前（可能也在后面）加上自己的控制信息，构成本层的数据包”，讲义上的说明。

## 答疑汇总:

Q: 在 PDF 版讲义 p48 的三层体系结构中, 路由选择是网络接入层的功能吗? 是虚拟传输还是实际传输?

A: 在下图的三层体系结构中, 网络接入层完成端到端的通信功能(不一定可靠), 即把数据从计算机 X 发送给计算机 Y, 路由选择也属于这一层, 这一层是实际通信。

### 3 layers architecture: protocols



但这一层功能过于庞大复杂, 包括了数据的路由选择、每条链路(可能是多种链路)上数据/信号的变换和传输、广播链路的竞争信道、不同网络的互连等等, 放在一层里实现, 复杂度高, 且不容易实现不同产品的互通互联。

实际的网络中, 网络接入层的功能是分成多个层次来实现的, 参照 PDF 版讲义

p51 的五层模型、以及后面的 OSI 参考模型和 TCP/IP 模型。

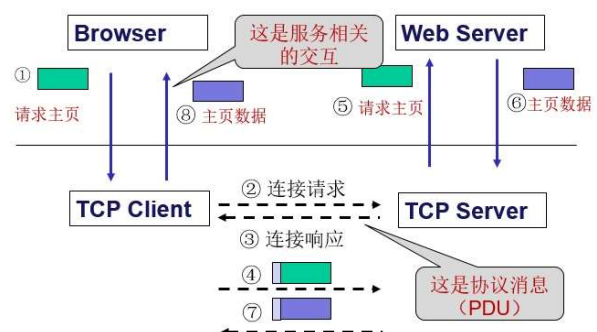
p.s. 路由选择的功能是: 根据包头的目的地址, 查路由表, 确定应该把数据转交给哪个输出接口(或链路), 不设计数据传输(发送)功能。

虚拟通信和实际通信类似于: 你在沙河校区教学楼北楼的 3 楼, 要去图书馆的 3 楼(对等实体通信), 怎么去?(U 型信息流)

Q: PDF 版讲义 p70 中的连接请求/连接响应是服务原语吗?

A: 如右图所示, (1)(5)(6)(8)是同一系统内相邻两层之间的交互, 与服务相关, 但由于服务原语在计算机系统内不便于实现, 因此采用的是系统调用(API)。

而(2)(3)(4)(7)是在不同系统的对等实体之间传输的, 是 TCP 协议的 PDU。



## 课程内容总结:

### 2 Key points

#### Concepts and main ideas of network architecture

- Why layering architecture is adopted?
- Peer and protocol
- Service and interface
- Information flow in network architecture
- Encapsulation

#### Compare the terms

- Connection-oriented service vs. Connectionless service
- Service vs. protocol, in addition, what is the connection of them?

▪ 2020 年 2 月 25 日

Q1. Which of the following is/are NOT a type of computer network?

- A. Internet
- B. a Wifi network in a Cafeteria
- C. World Wide Web
- D. 10 computers connecting to a router with cable

Answer: C

因特网是一种计算机网（虽然两个概念不等同），它是由数以百万计的计算机网络互连构成的。wifi 是无线 LAN，计算机网络的一种；10 台电脑通过电缆（准确地说是双绞线 Twist pairs）连接到路由器是 LAN，计算机网络的一种。WWW 不是一个网络，而是一种网络应用。

Q2. Which networks can be merged in tri-networks integration?

- A. CERNET
- B. Power Line Networking
- C. China Unicom
- D. Great Wall Broadband Network

Answer: A、C 和 D，三者（中国教育和科研计算机网、中国联通、长城宽带网）分别是计算机网络、电信网和有线电视网。

答疑汇总：

Q: 异构网络互联是什么？

A: 不同技术的计算机网络互连，比如说 Ethernet 和 wifi 互连

Q: 路由器和交换机有什么区别吗？

A: 在计算机网络范畴，交换机指的是 LAN 交换机，它可以实现 LAN 的互连，互连时转发数据包用的是 LAN 地址（MAC 地址）；路由器可以连接不同的网络（比如 LAN 和 WAN，WAN 和 WAN），转发数据包用的是 IP 地址。

层次上也不同，LAN 交换机工作在数据链路层，路由器工作在网络层。

Q. 因特网是计算机网络吗？

A. 因特网是一种计算机网络，它使用了计算机网络的相关技术：分组交换、通过路由器互连、TCP/IP 协议...

课程内容总结：

2 Key points

1). Concepts of computer network

Make a distinction between:

- Computer networks and communication networks
- Computer networks and distributed systems

Host, node and terminal, what are the typical devices and their differences?

2). Categories of computer networks

- Broadcasting network vs. point-to-point network: examples and differences
- LAN vs. WAN, in addition to scale, any other differences?