

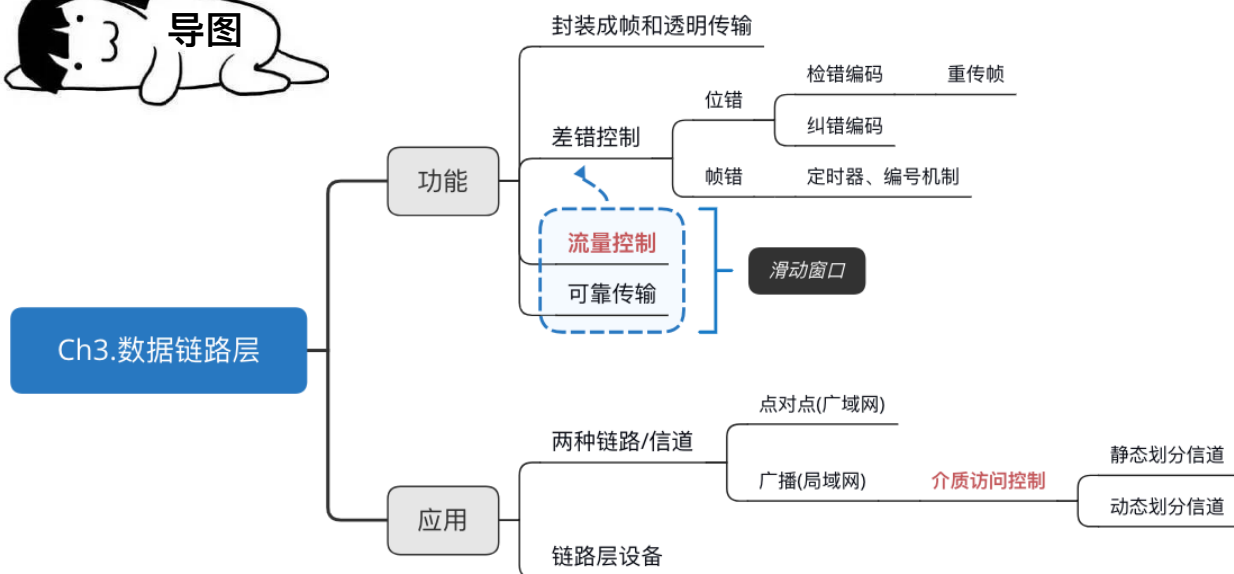
王道考研——计算机网络

WWW.CSKAOYAN.COM

第三章 数据链路层



导图

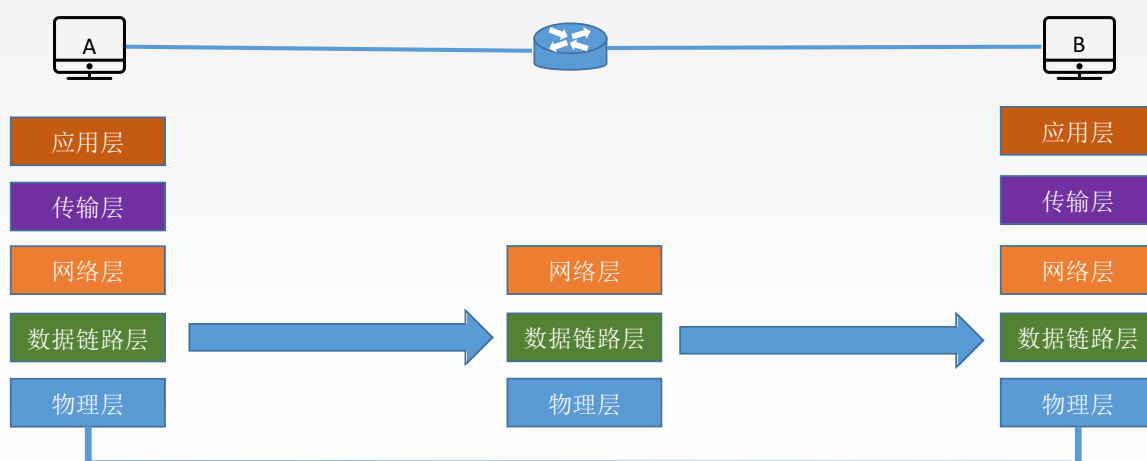


本节内容

数据链路层 功能概述

王道考研/CSKAOYAN.COM

数据链路层的研究思想



王道考研/CSKAOYAN.COM

数据链路层基本概念

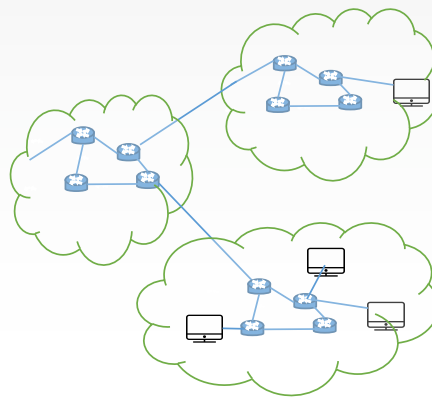
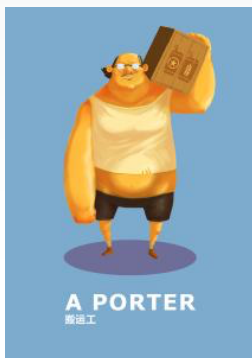
结点：主机、路由器

链路：网络中两个结点之间的**物理通道**，链路的传输介质主要有双绞线、光纤和微波。分为有线链路、无线链路。

数据链路：网络中两个结点之间的**逻辑通道**，把实现控制数据传输**协议**的硬件和软件加到链路上就构成数据链路。

帧：链路层的协议数据单元，封装网络层数据报。

数据链路层负责通过一条链路从一个结点向另一个物理链路直接相连的相邻结点传送数据报。



王道考研/CSKAQYAN.COM

数据链路层功能概述

数据链路层在物理层提供服务的基础上**向网络层提供服务**，其最基本的服务是将源自网络层来的数据**可靠**地传输到相邻节点的目标机网络层。其主要作用是**加强物理层传输原始比特流的功能**，将物理层提供的可能出错的物理连接改造成为**逻辑上无差错的数据链路**，使之对网络层表现为一条无差错的链路。



王道考研/CSKAQYAN.COM

数据链路层功能概述

数据链路层在物理层提供服务的基础上**向网络层提供服务**，其最基本的服务是将源自网络层来的数据**可靠**地传输到相邻节点的目标机网络层。其主要作用是**加强物理层传输原始比特流的功能**，将物理层提供的可能出错的物理连接改造成为**逻辑上无差错的数据链路**，使之对网络层表现为一条无差错的链路。

功能一：为网络层提供服务。**无确认无连接服务**，**有确认无连接服务**，**有确认面向连接服务**。有连接一定有确认！

功能二：链路管理，即连接的建立、维持、释放（用于面向连接的服务）。

功能三：组帧。

功能四：流量控制。



限制发送方哦~

功能五：差错控制（帧错/位错）。

王道考研/CSKAOYAN.COM

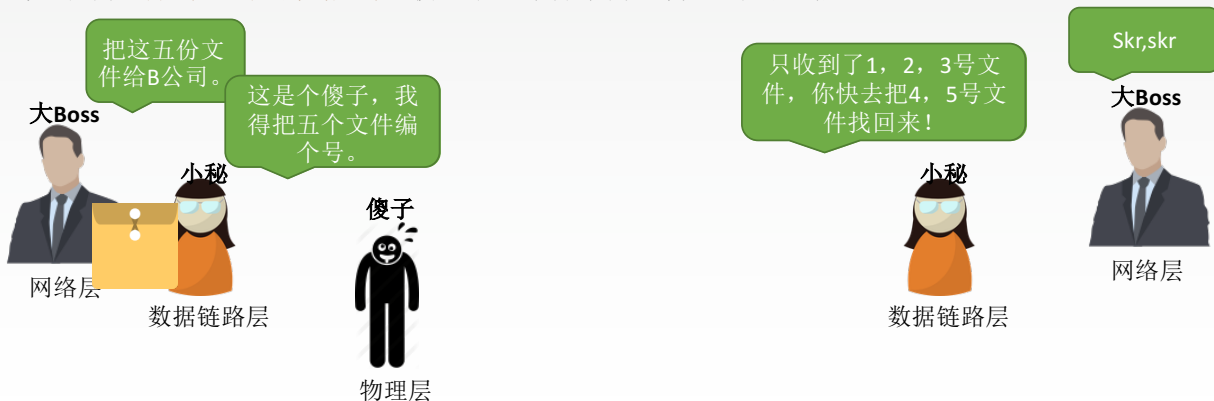
本节内容

封装成帧
&
透明传输

王道考研/CSKAOYAN.COM

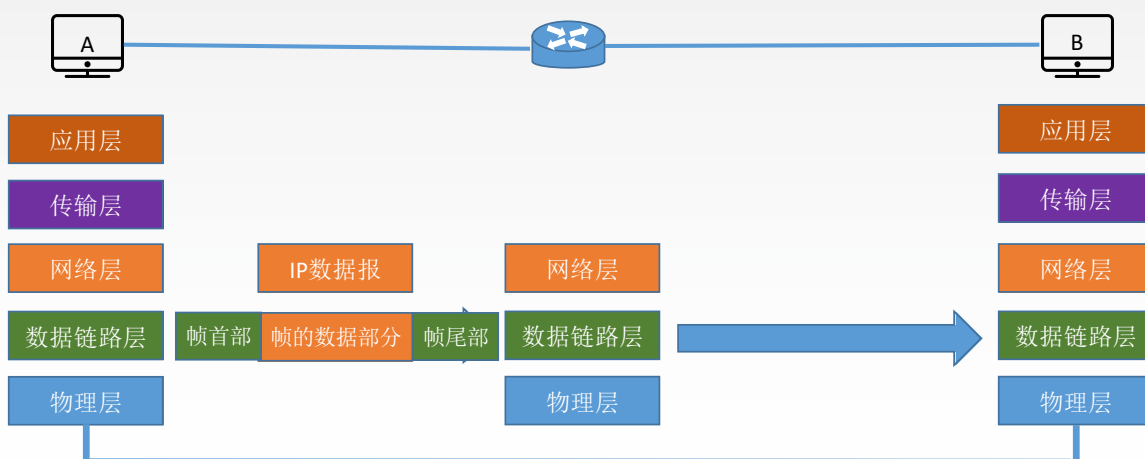
数据链路层功能概述

数据链路层在物理层提供服务的基础上**向网络层提供服务**, 其最基本的服务是将源自网络层来的数据**可靠**地传输到相邻节点的目标机网络层。其主要作用是**加强物理层传输原始比特流的功能**, 将物理层提供的可能出错的物理连接改造成为**逻辑上无差错的数据链路**, 使之对网络层表现为一条无差错的链路。



王道考研/CSKAQYAN.COM

封装成帧



王道考研/CSKAQYAN.COM

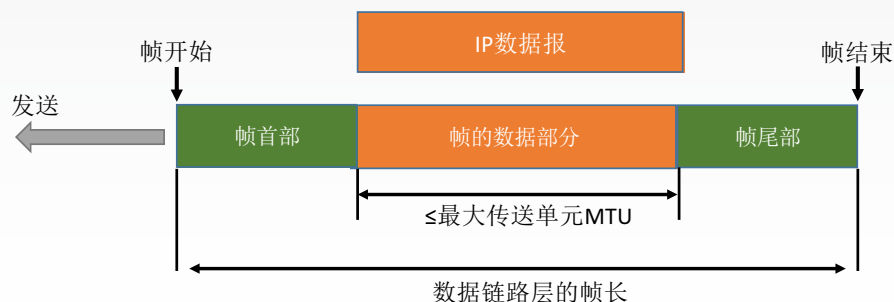
封装成帧

封装成帧就是在一段数据的前后部分添加首部和尾部，这样就构成了一个帧。接收端在收到物理层上交的比特流后，就能根据首部和尾部的标记，从收到的比特流中识别帧的开始和结束。

首部和尾部包含许多的控制信息，他们的重要作用：**帧定界**（确定帧的界限）。

帧同步：接收方应当能从接收到的二进制比特流中区分出帧的起始和终止。

组帧的四种方法：1.字符计数法，2.字符（节）填充法，3.零比特填充法，4.违规编码法。



王道考研/CSKAQYAN.COM

透明传输

透明传输是指不管所传数据是什么样的比特组合，都应当能够在链路上传送。因此，链路层就“看不见”有什么妨碍数据传输的东西。

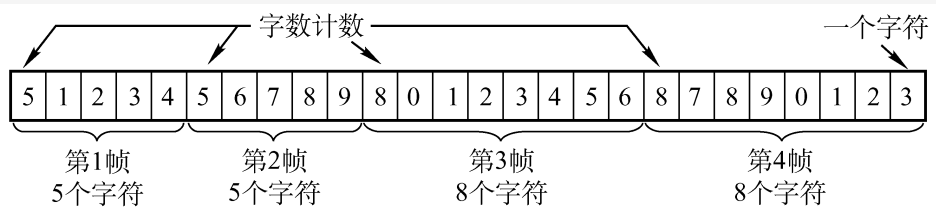
当所传数据中的比特组合恰巧与某一个控制信息完全一样时，就必须采取适当的措施，使收方不会将这样的数据误认为是某种控制信息。这样才能保证数据链路层的传输是透明的。



王道考研/CSKAQYAN.COM

1. 字符计数法

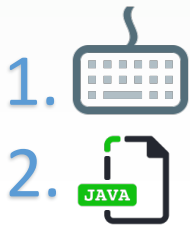
帧首部使用一个计数字段（第一个**字节**，八位）来标明帧内字符数。



痛点：鸡蛋装在一个篮子里了。

王道考研/CSKAOYAN.COM

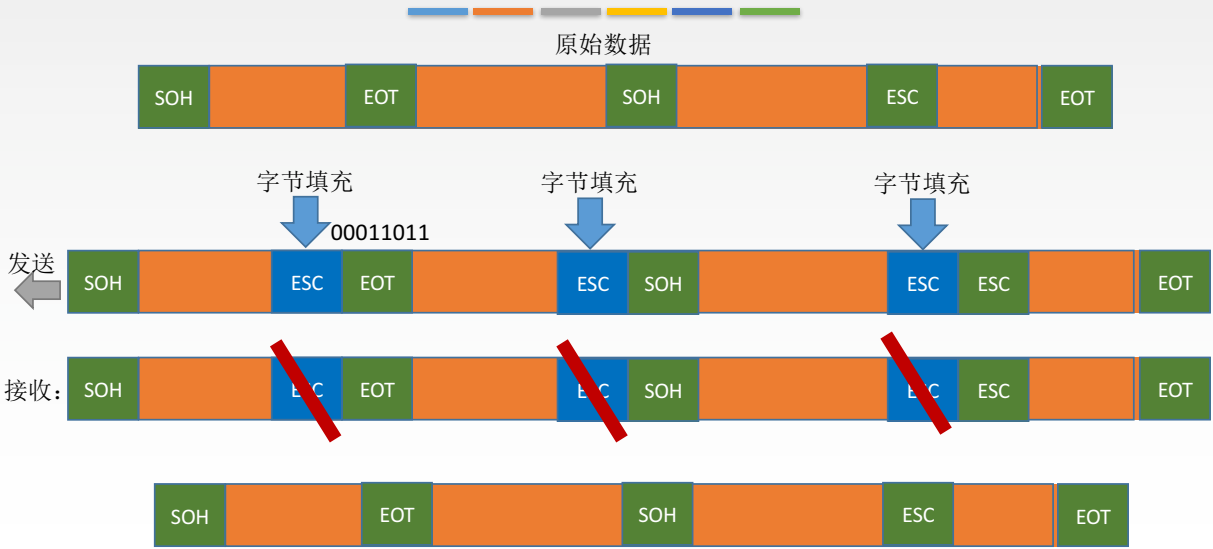
2. 字符填充法



- 当传送的帧是由文本文件组成时（文本文件的字符都是从键盘上输入的，都是ASCII码）。不管从键盘上输入什么字符都可以放在帧里传过去，即**透明传输**。
- 当传送的帧是由非ASCII码的文本文件组成时（二进制代码的程序或图像等）。就要**采用字符填充方法实现透明传输**。

王道考研/CSKAOYAN.COM

2. 字符填充法



王道考研/CSKAOYAN.COM

3. 零比特填充法



5 “1” 1 “0”

操作：1.在发送端，扫描整个信息字段，只要连续5个1，就立即填入1个0。

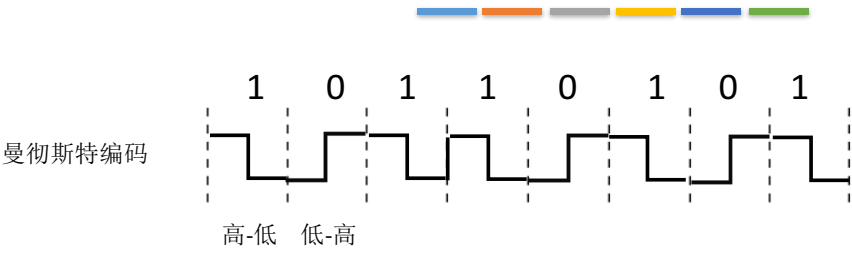
2.在接收端收到一个帧时，先找到标志字段确定边界，再用硬件对比特流进行扫描。发现连续5个1时，就把后面的0删除。

原始数据
0110111111110111110010
011011111101110111110010 填充
011011111101110111110010 删除
0110111111101111110010

保证了透明传输：在传送的比特流中可以传送任意比特组合，而不会引起对帧边界的判断错误。

王道考研/CSKAOYAN.COM

4.违规编码法



可以用“高-高”，“低-低”来定界帧的起始和终止。

由于字节计数法中Count字段的脆弱性（其值若有差错将导致灾难性后果）及字符填充实现上的复杂性和不兼容性，目前较普遍使用的帧同步法是**比特填充**和**违规编码法**。

本节内容

差错控制
(检错编码)

差错从何而来?

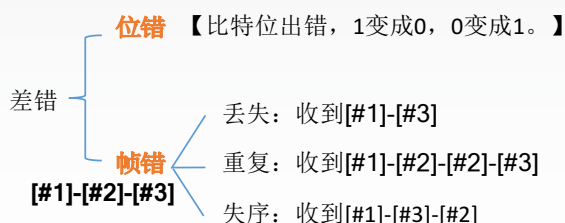
概括来说, 传输中的差错都是由于噪声引起的。

全局性 1. 由于线路本身电气特性所产生的**随机噪声**(热噪声), 是信道固有的, 随机存在的。

解决办法: 提高信噪比来减少或避免干扰。(对传感器下手)

局部性 2. 外界特定的短暂原因所造成的**冲击噪声**, 是产生差错的主要原因。

解决办法: 通常利用编码技术来解决。



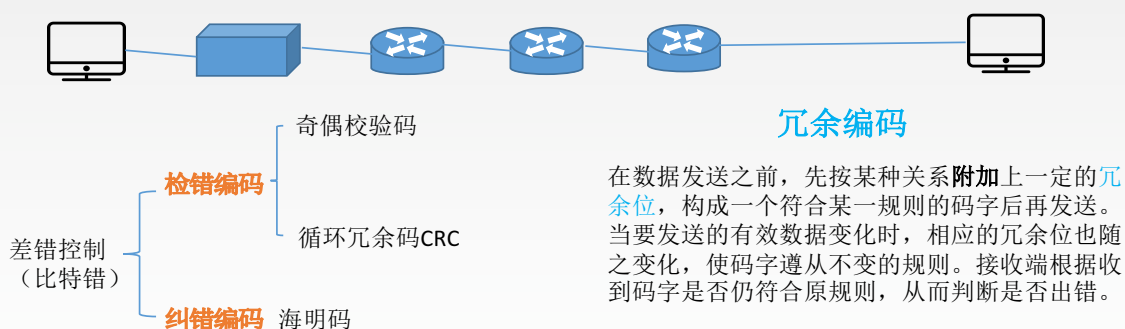
链路层为网络层提供服务: **无确认无连接服务**, **有确认无连接服务**, **有确认面向连接服务**。

通信质量好
有线传输链路

通信质量差的无线传输链路

王道考研/CSKAQYAN.COM

数据链路层的差错控制



编码 VS 编码

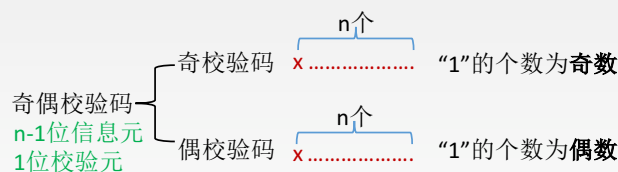
数据链路层编码和物理层的数据编码与调制**不同**。物理层编码针对的是**单个比特**, 解决传输过程中比特的同步等问题, 如曼彻斯特编码。而数据链路层的编码针对的是一组**比特**, 它通过冗余码的技术实现一组二进制比特串在传输过程是否出现了差错。



偶数块肉!

王道考研/CSKAQYAN.COM

检错编码——奇偶校验码



如果一个字符S的ASCII编码从低到高依次为1100101，采用奇校验，在下述收到的传输后字符中，哪种错误不能检测？

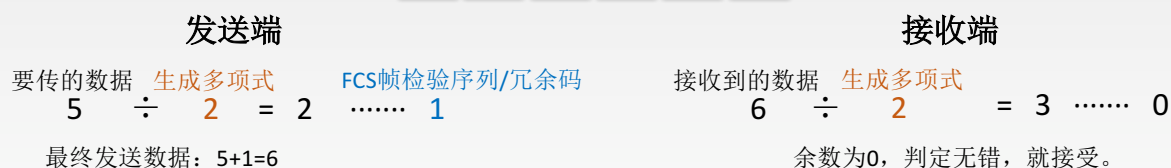
- A. 11000011 B. 11001010 C. 11001100 D. 11010011

奇偶校验码特点：

只能检查出奇数个比特错误，检错能力为50%。

王道考研/CSKAOYAN.COM

检错编码——CRC循环冗余码



1. 准备待传有效数据



2. 每个组都加上冗余码构成帧再发送



FCS帧检验序列计算方式：



3. 接收方检验



模二A.K.A异或(同0异1)

王道考研/CSKAOYAN.COM

检错编码——CRC循环冗余码

发送端

要传的数据 生成多项式

$5 \div 2 = 2 \dots\dots 1$

FCS帧检验序列/冗余码

1

最终发送数据：5+1=6

接收端

接收到的数据 生成多项式

$6 \div 2 = 3 \dots\dots 0$

余数为0，判定无错，就接受。

例：要发送的数据是1101 0110 11，采用CRC校验，生成多项式是10011，那么最终发送的数据应该是？

最终发送的数据：
要发送的数据+帧检验序列FCS

计算冗余码：
(1) 加0 假设生成多项式G(x)的阶为r，则加r个0。
(2) 模2除法 数据加0后除以多项式，余数为冗余码/FCS/
CRC检验码的比特序列。
10011表示成多项式为 $X^4+X^1+X^0$
= X^4+X^1+1
阶为4
TIPS：多项式N位，阶为N-1。

1100 00 1

10011 1101 0110 11 0000

1001 1

100 11

100 11

000 0010 11 0

10 01 1

10 100

10 011

1110

11010110111110

11010110111110

1110 余数—FCS

王道考研/CSKAQYAN.COM

检错编码——CRC循环冗余码

1100 00 1

10011 1101 0110 11 0000

1001 1

100 11

100 11

000 0010 11 0

10 01 1

10 100

10 011

1110

1110 余数—FCS

最终发送的数据：11010110111110

接收端检错过程

把收到的每一个帧都除以同样的除数，然后检查得到的余数R。

- 1.余数为0，判定这个帧没有差错，接受。
- 2.余数不为0，判定这个帧有差错（无法确定到位），丢弃。

FCS的生成以及接收端CRC检验都是由硬件实现，处理很迅速，因此不会延误数据的传输。

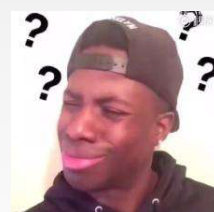
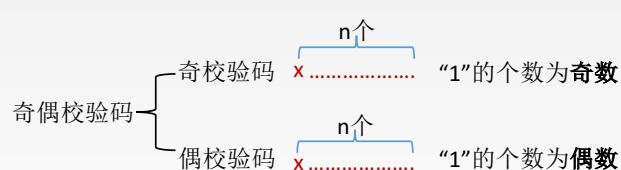


本节内容

差错控制 (纠错编码)

王道考研/CSKAOYAN.COM

纠错编码——海明码



- ✓ 发现错误
- ✓ 找到位置
- ✓ 纠正错误

工作流程:



王道考研/CSKAOYAN.COM

海明距离

两个合法编码(码字)的对应比特取值不同的比特数称为这两个码字的海明距离(码距), 一个有效编码集中, 任意两个合法编码(码字)的海明距离的最小值称为该编码集的海明距离(码距)。

000
001
010
011
100
101
110
111

人数 83 [和平精英]
1 饺子粉丝111444
该编码系统中的码距为1
传输中出错了咋整?
跳伞跟随

0000
0001
101
1111

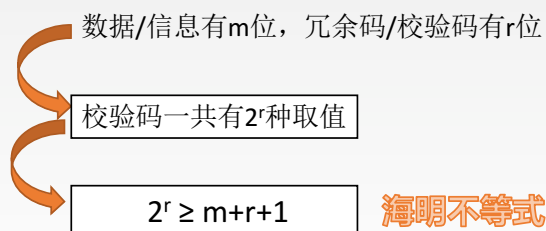
该编码系统中的码距为2
传输中出错了咋整?

剩余 53 淘汰 0 [和平精英]
1 饺子粉丝111444
可检测出1位错
但不可被纠正
黄衣军小鸡 孤独夜晚的我

如果码距为3呢?

王道考研/CSKAQYAN.COM

1. 确定校验码位数r



要发送的数据: D=1100

数据的位数 $m=4$,
满足不等式的最小 r 为3,
也就是D=1100的海明码应该有 $4+3=7$ 位,
其中原数据4位, 校验码3位。

王道考研/CSKAQYAN.COM

2.确定校验码和数据的位置

D=1100

校验码放在序号为 2^n 的位置，数据按序填上

序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	x_4	0	x_2	x_1

王道考研/CSKAOYAN.COM

3.求出校验码的值

原始数据D=1100

二进制	111	110	101	100	011	010	001
序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	x_4	0	x_2	x_1

4号校验码负责4，5，6，7的校验
2号校验码负责2，3，6，7的校验
1号校验码负责1，3，5，7的校验

采用偶校验

$$x_4 = 0$$

$$x_2 = 0$$

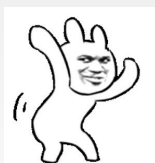
$$x_1 = 1$$

完整海明码：

序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	0	0	0	1

王道考研/CSKAOYAN.COM

4.检错并纠错



二进制	111	110	101	100	011	010	001
序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	0	0	0	1



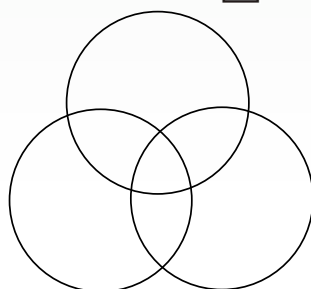
若接收方收到的数据为1110001, 检错类似奇偶校验

4号校验码负责4, 5, 6, 7的校验 → 0, 1, 1, 1 ☒

2号校验码负责2, 3, 6, 7的校验 → 0, 0, 1, 1 ☒

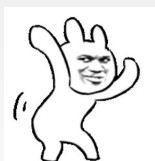
1号校验码负责1, 3, 5, 7的校验 → 1, 0, 1, 1 ☒

纠错方法一:
找到不满足奇/偶校验的分组取交集, 并与符合校验的分组取差集。



王道考研/CSKAOYAN.COM

4.检错并纠错



二进制	111	110	101	100	011	010	001
序号	7	6	5	4	3	2	1
值	1	1	0	0	0	0	1



若接收方收到的数据为1110001, 检错类似奇偶校验

4号校验码负责4, 5, 6, 7的校验 → 0, 1, 1, 1 ☒

2号校验码负责2, 3, 6, 7的校验 → 0, 0, 1, 1 ☒

1号校验码负责1, 3, 5, 7的校验 → 1, 0, 1, 1 ☒

纠错方法二:

X4 0, 1, 1, 1
X2 0, 0, 1, 1
X1 1, 0, 1, 1

满足偶校验
Or异或为0

X4 = 1
X2 = 0
X1 = 1

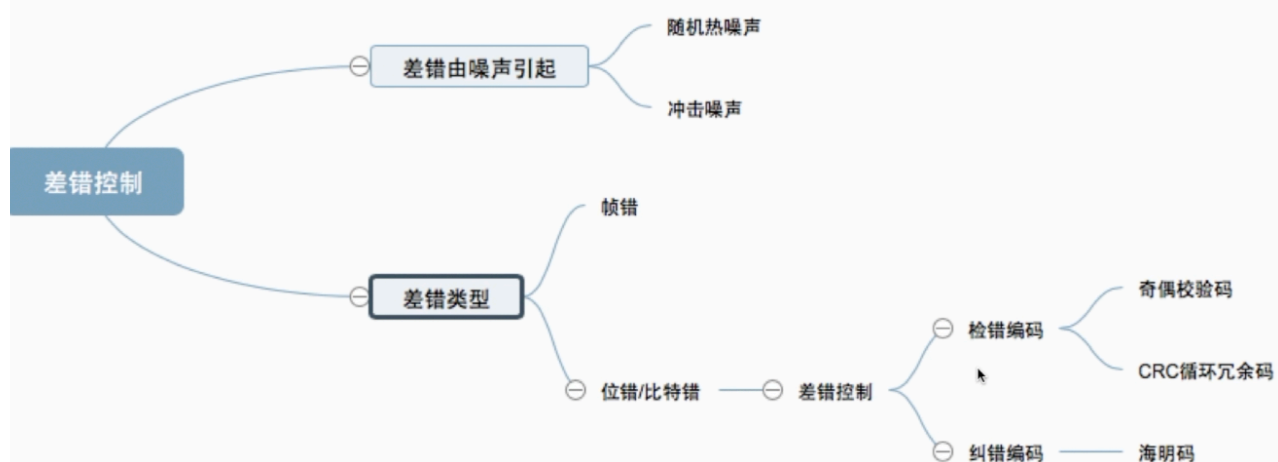
X4 X2 X1
1 0 1

第五位错了



王道考研/CSKAOYAN.COM

脑图时刻



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

流量控制与可靠传输机制
(第一话)

王道考研/CSKAOYAN.COM

数据链路层的流量控制

较高的发送速度和较低的接收能力的不匹配, 会造成传输出错, 因此流量控制也是数据链路层的一项重要工作。

数据链路层的流量控制是点对点的, 而传输层的流量控制是端到端的。

数据链路层流量控制手段: 接收方收不下就不回复确认。

传输层流量控制手段: 接收端给发送端一个窗口公告。



发送方!!
你慢点!!

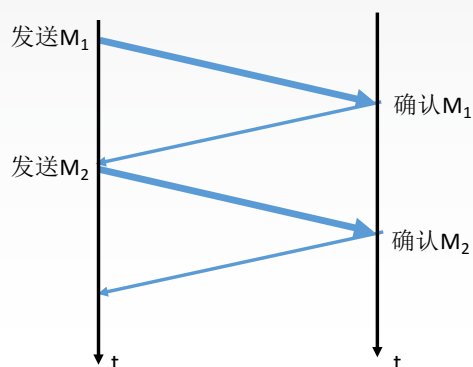


王道考研/CSKAQYAN.COM

流量控制的方法

停止-等待协议

每发送完一个帧就停止发送, 等待对方的确认, 在收到确认后再发送下一个帧。



滑动窗口协议

后退N帧协议 (GBN)

选择重传协议 (SR)



王道考研/CSKAQYAN.COM

流量控制的方法

停止-等待协议

发送窗口大小=1, 接收窗口大小=1;

后退N帧协议 (GBN)

发送窗口大小>1, 接收窗口大小=1;

选择重传协议 (SR)

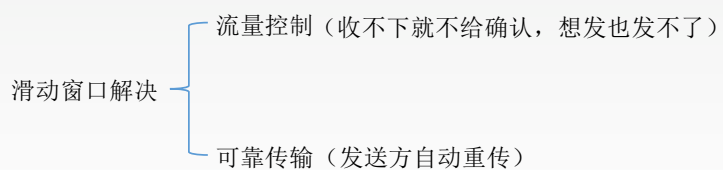
发送窗口大小>1, 接收窗口大小>1;

王道考研/CSKAOYAN.COM

可靠传输、滑动窗口、流量控制

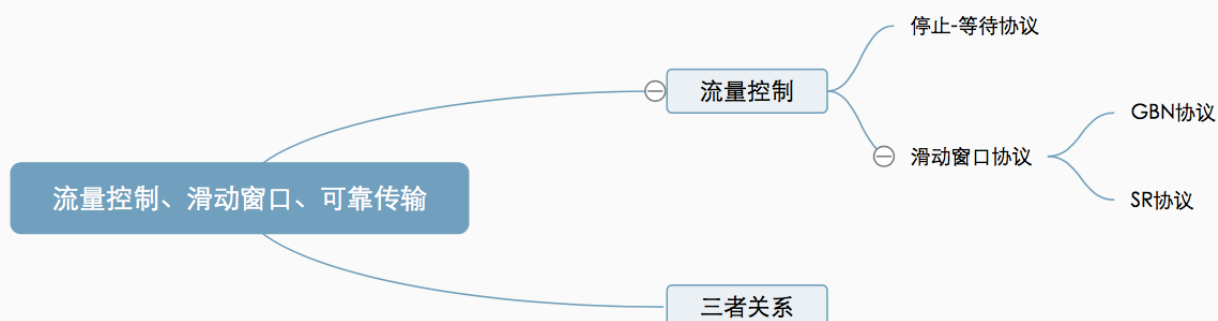
可靠传输: 发送端发啥, 接收端收啥。

流量控制: 控制发送速率, 使接收方有足够的缓冲空间来接收每一个帧。



王道考研/CSKAOYAN.COM

脑图时刻



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

停止-等待协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

停止-等待协议究竟是哪一层的?



王道考研/CSKAOYAN.COM

停止-等待协议

1. 为什么要有停止-等待协议?

除了比特出差错, 底层信道还会出现丢包问题。
为了实现流量控制。

丢包: 物理线路故障、设备故障、病毒攻击、路由信息错误等原因, 会导致数据包的丢失。

2. 研究停等协议的前提?

虽然现在常用全双工通信方式, 但为了讨论问题方便, 仅考虑一方发送数据(发送方), 一方接收数据(接收方)。

因为是在讨论可靠传输的原理, 所以并不考虑数据是在哪一个层次上传送的。

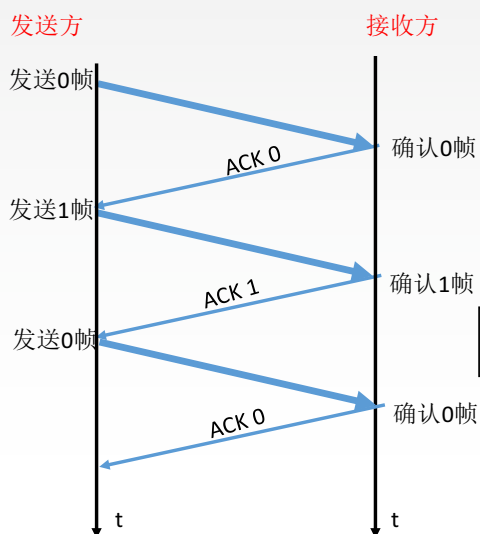
“停止-等待”就是每发送完一个分组就停止发送, 等待对方确认, 在收到确认后再发送下一个分组。

3. 停等协议有几种应用情况?

无差错情况&有差错情况

王道考研/CSKAOYAN.COM

停等协议——无差错情况

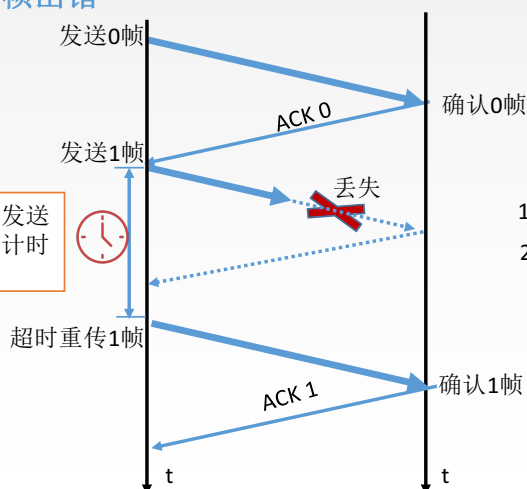


每发送1个数据帧就停止并等待，因此用1bit来编号就够。

王道考研/CSKAQYAN.COM

停等协议——有差错情况

1. 数据帧丢失或检测到帧出错



超时计时器：每次发送一个帧就启动一个计时器。

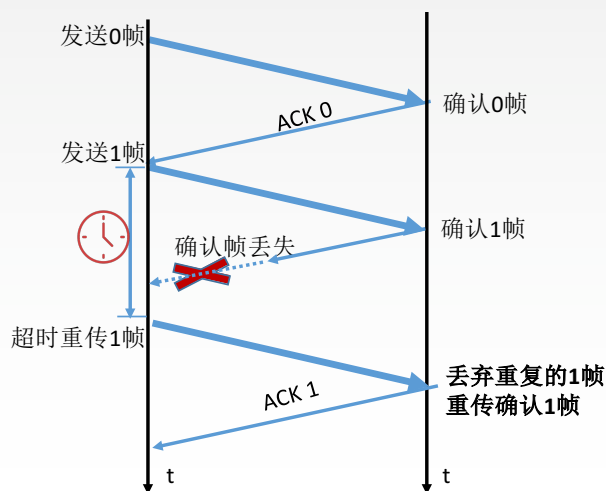
超时计时器设置的重传时间应当比帧传输的平均RTT更长一些。

- 1. 发完一个帧后，必须保留它的副本。
- 2. 数据帧和确认帧必须编号。

王道考研/CSKAQYAN.COM

停等协议——有差错情况

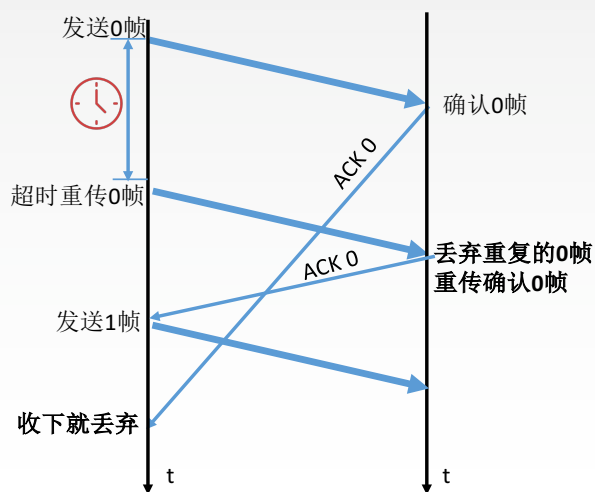
2.ACK丢失



王道考研/CSKAOYAN.COM

停等协议——有差错情况

3.ACK迟到

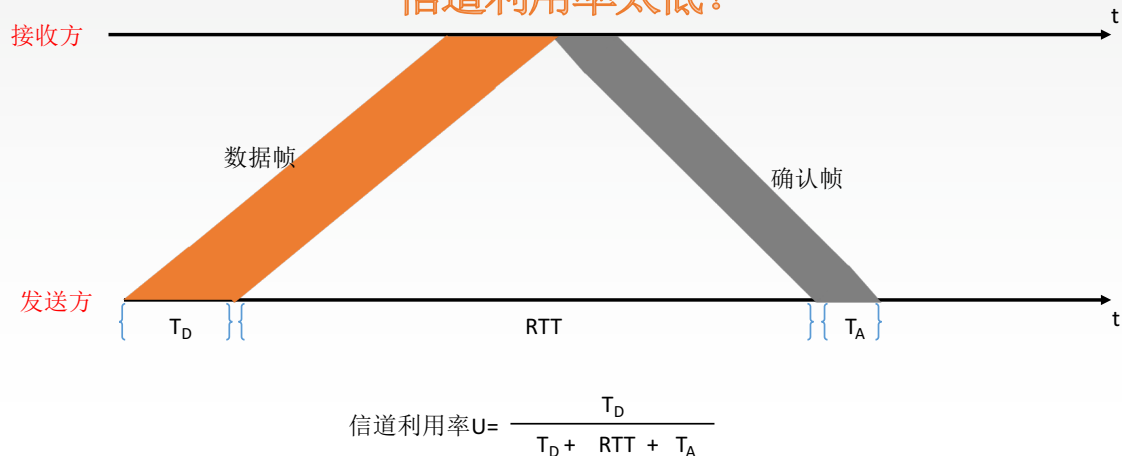


王道考研/CSKAOYAN.COM

停等协议性能分析

简单!

信道利用率太低!



王道考研/CSKAOYAN.COM

信道利用率

发送方在一个发送周期内, 有效地发送数据所需要的时间占整个发送周期的比率。

信道利用率 = $\frac{(L/C)/T}{T}$

发送周期: 从开始发送数据, 到收到第一个确认帧为止

T 内发送 L 比特数据

发送方数据传输率

信道吞吐率 = 信道利用率 * 发送方的发送速率

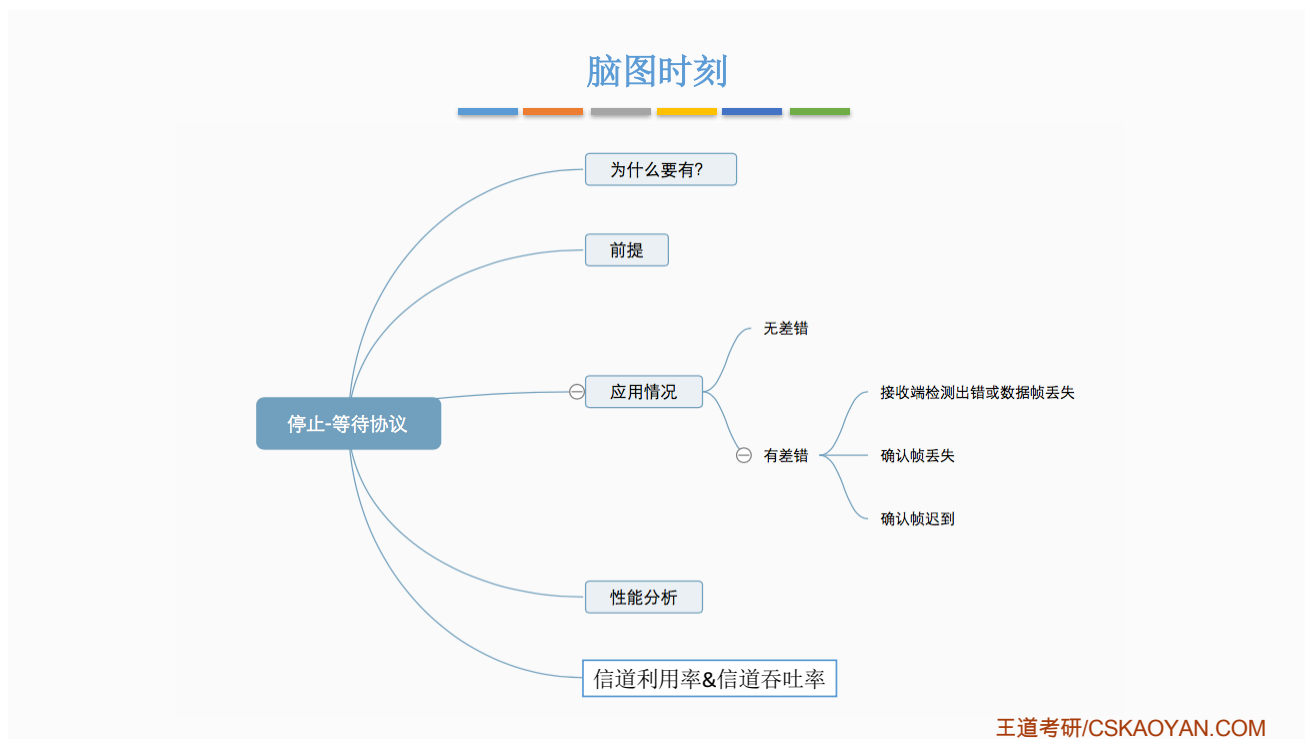
例题: 一个信道的数据传输率为 4kb/s , 单向传播时延为 30ms , 如果使停止-等待协议的信道最大利用率达到 80% , 要求的数据帧长度至少为 ()。

$$\begin{aligned} 80\% &= \frac{L/4}{L/4 + 2 \times 30\text{ms}} \\ &= \frac{L}{L + 2 \times 30\text{ms} \times 4\text{kb/s}} \\ L &= 960\text{bit} \end{aligned}$$

王道考研/CSKAOYAN.COM



王道考研/CSKAOYAN.COM



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

后退N帧协议 (GBN)

王道考研/CSKAOYAN.COM

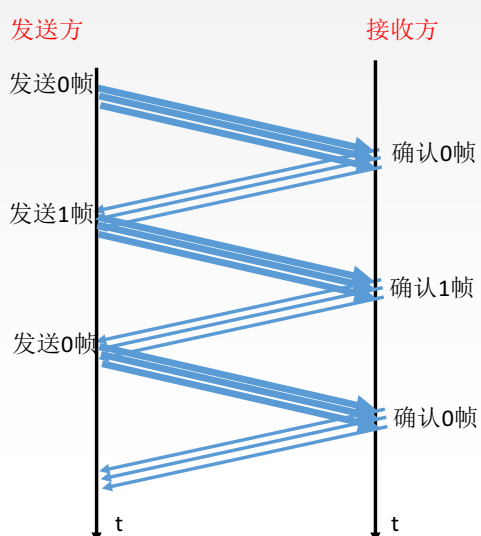
停等协议的弊端

流水线技术

1. 必须增加序号范围。
2. 发送方需要缓存多个分组。

后退N帧协议 (GBN)

选择重传协议 (SR)



太闲了。。

王道考研/CSKAOYAN.COM

后退N帧协议中的滑动窗口



王道考研/CSKAOYAN.COM

GBN发送方必须响应的三件事

1.上层的调用

上层要发送数据时，发送方先检查发送窗口是否已满，如果**未**满，则产生一个帧并将其发送；如果**窗**口已**满**，发送方只需将数据返回给上层，暗示上层窗口已满。上层等一会再发送。（实际实现中，发送方可以缓存这些数据，窗口不满时再发送帧）。

2.收到了一个ACK

GBN协议中，对n号帧的确认采用**累积确认**的方式，标明接收方已经收到n号帧和它之前的全部帧。

3.超时事件

协议的名字为后退N帧/回退N帧，来源于出现丢失和时延过长帧时发送方的行为。就像在停等协议中一样，定时器将再次用于恢复数据帧或确认帧的丢失。如果出现超时，发送方重传所有已发送但未被确认的帧。

王道考研/CSKAOYAN.COM

GBN接收方要做的事

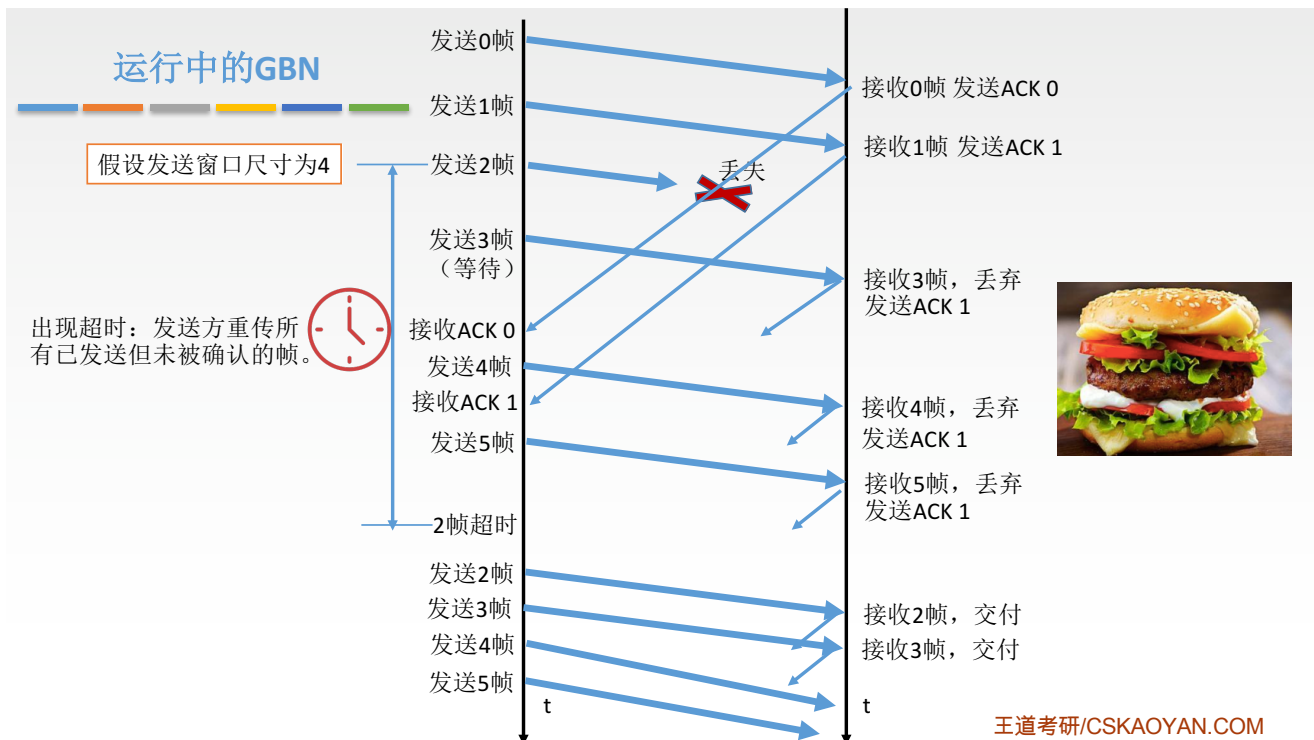


如果正确收到 n 号帧, 并且按序, 那么接收方为 n 帧发送一个ACK, 并将该帧中的数据部分交付给上层。



其余情况都丢弃帧, 并为最近按序接收的帧重新发送ACK。接收方无需缓存任何失序帧, 只需要维护一个信息: `expectedseqnum` (下一个按序接收的帧序号)。

王道考研/CSKAOYAN.COM



滑动窗口长度

窗口长度可以无限吗?



若采用 n 个比特对帧编号, 那么发送窗口的尺寸 W_T 应满足: $1 \leq W_T \leq 2^n - 1$ 。因为发送窗口尺寸过大, 就会使得接收方无法区别新帧和旧帧。

王道考研/CSKAOYAN.COM

GBN协议重点总结

1. 累积确认 (偶尔捎带确认)
2. 接收方只按顺序接收帧, 不按序无情丢弃
3. 确认序列号最大的、按序到达的帧
4. 发送窗口最大为 $2^n - 1$, 接收窗口大小为 1

王道考研/CSKAOYAN.COM

习题1



数据链路层采用了后退N帧（GBN）协议，发送方已经发送了编号为0~7的帧。当计时器超时时，若发送方只收到0、2、3号帧的确认，则发送方需要重发的帧数是（ ）。

- A . 2 B . 3 C . 4 D . 5

重新发送4、5、6、7帧

王道考研/CSKAOYAN.COM

习题2



主机甲与主机乙之间使用后退N帧协议（GBN）传输数据，甲的发送窗口尺寸为1000，数据帧长为1000字节，信道带宽为100Mb/s，乙每收到一个数据帧立即利用一个短帧（忽略其传输延迟）进行确认，若甲、乙之间的单向传播时延是50ms，则甲可以达到的最大平均数据传输率约为（ ）。

- A . 10Mb/s B . 20Mb/s C . 80Mb/s D . 100Mb/s

王道考研/CSKAOYAN.COM

GBN协议性能分析



因连续发送数据帧而提高了信道利用率

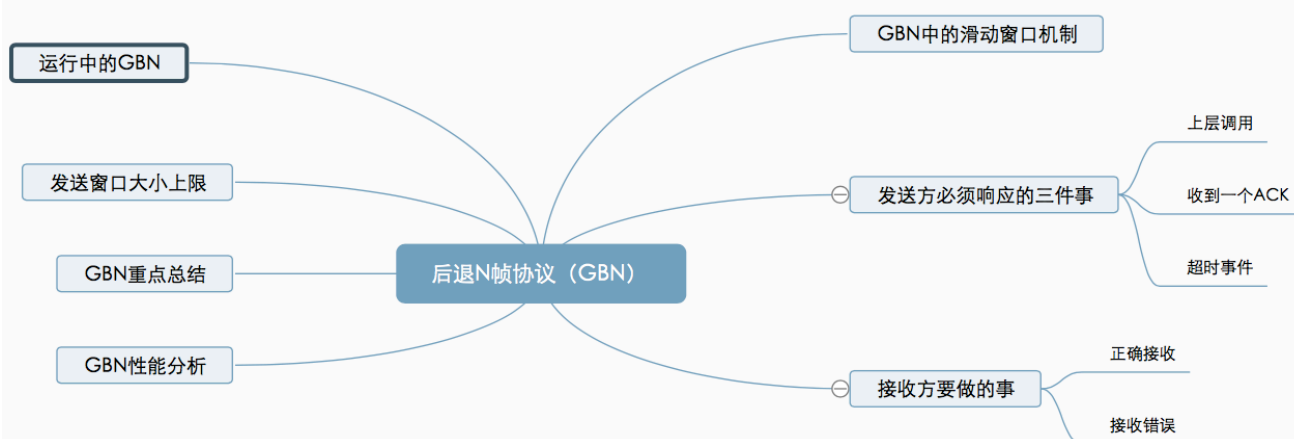


在重传时必须把原来已经正确传送的数据帧重传, 是传送效率降低。

选择重传协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

脑图时刻



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

选择重传协议 (Selective Repeat)

王道考研/CSKAOYAN.COM

GBN协议的弊端

累积确认 → 批量重传

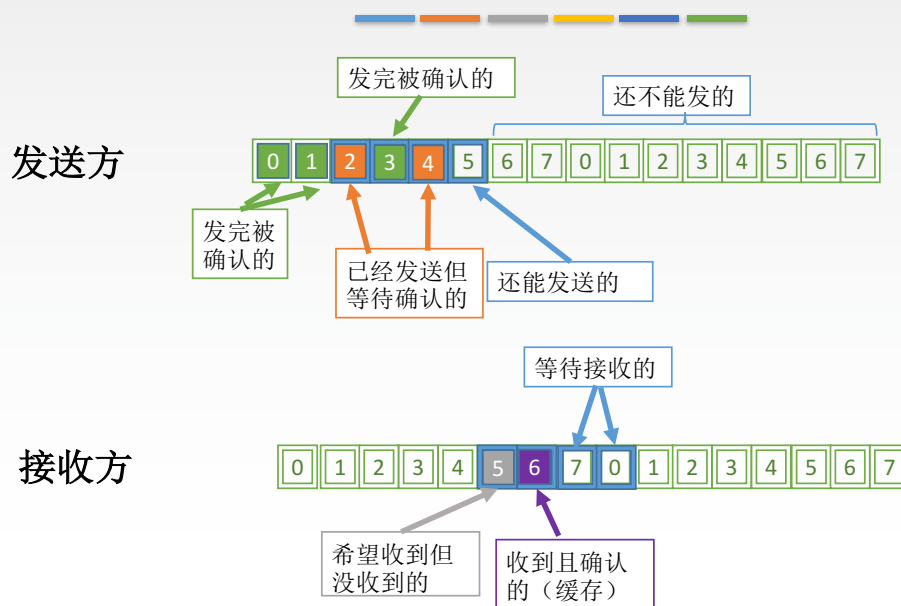


可不可以只重传出错的帧?

解决办法: 设置单个确认, 同时加大接收窗口, 设置接收缓存, 缓存乱序到达的帧。

王道考研/CSKAOYAN.COM

选择重传协议中的滑动窗口



王道考研/CSKAQYAN.COM

SR发送方必须响应的三件事

1. 上层的调用

从上层收到数据后, SR发送方检查下一个可用于该帧的序号, 如果序号位于发送窗口内, 则发送数据帧; 否则就像GBN一样, 要么将数据缓存, 要么返回给上层之后再传输。

2. 收到了一个ACK

如果收到ACK, 加入该帧序号在窗口内, 则SR发送方将那个被确认的帧标记为已接收。如果该帧序号是窗口的下界(最左边第一个窗口对应的序号), 则窗口向前移动到具有最小序号的未确认帧处。如果窗口移动了并且有序号在窗口内的未发送帧, 则发送这些帧。



3. 超时事件

每个帧都有自己的定时器, 一个超时事件发生后只重传一个帧。

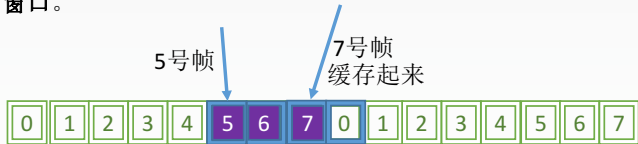
王道考研/CSKAQYAN.COM

SR接收方要做的事



来者不拒（窗口内的帧）

SR接收方将**确认**一个**正确接收的帧**而**不管其是否按序**。失序的帧将被**缓存**，并返回给发送方一个该帧的确认帧【**收谁确认谁**】，直到所有帧（即序号更小的帧）皆被收到为止，这时才可以将一批帧按序交付给上层，然后**向前移动滑动窗口**。



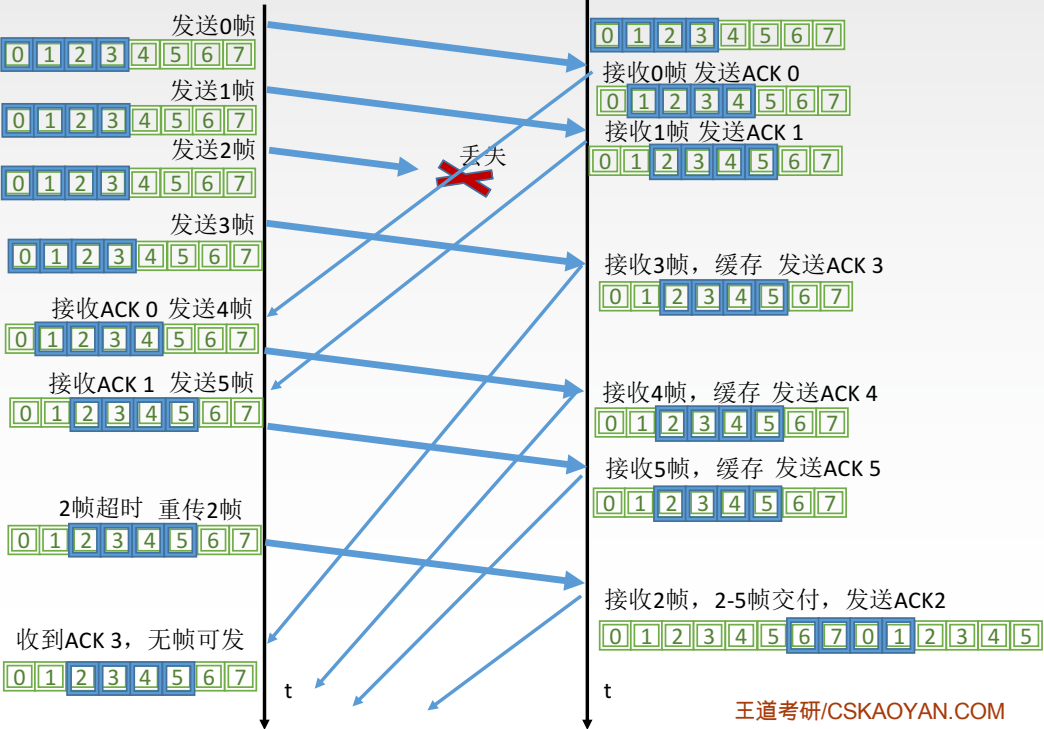
网络层

如果收到了窗口序号外（小于窗口下界）的帧，就返回一个ACK。
其他情况，就忽略该帧。

王道考研/CSKAOYAN.COM

运行中的SR

假设发送窗口和接收窗口尺寸都为 4

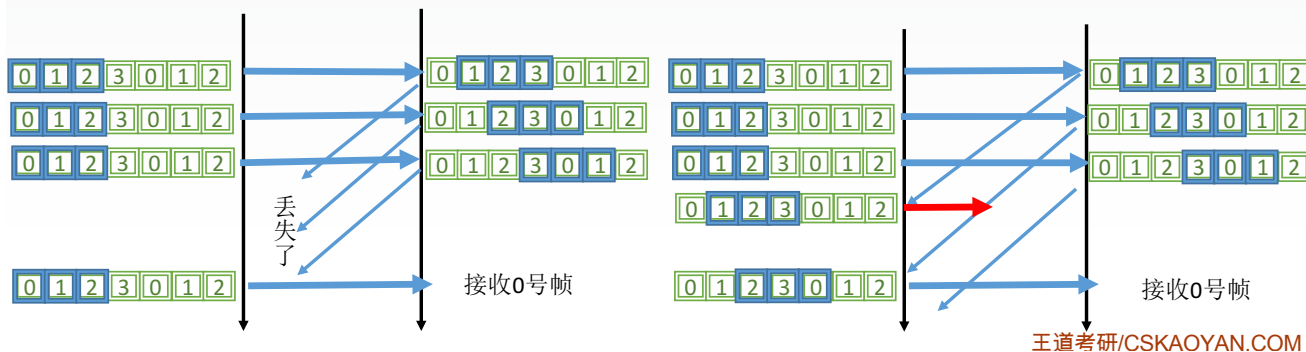


滑动窗口长度

窗口长度可以无限吗?

发送窗口最好等于接收窗口。(大了会溢出, 小了没意义)

$$W_{Tmax}=W_{Rmax}=2^{(n-1)}$$



SR协议重点总结

- 1.对数据帧逐一确认, 收一个确认一个
- 2.只重传出错帧
- 3.接收方有缓存

4. $W_{Tmax}=W_{Rmax}=2^{n-1}$

习题1

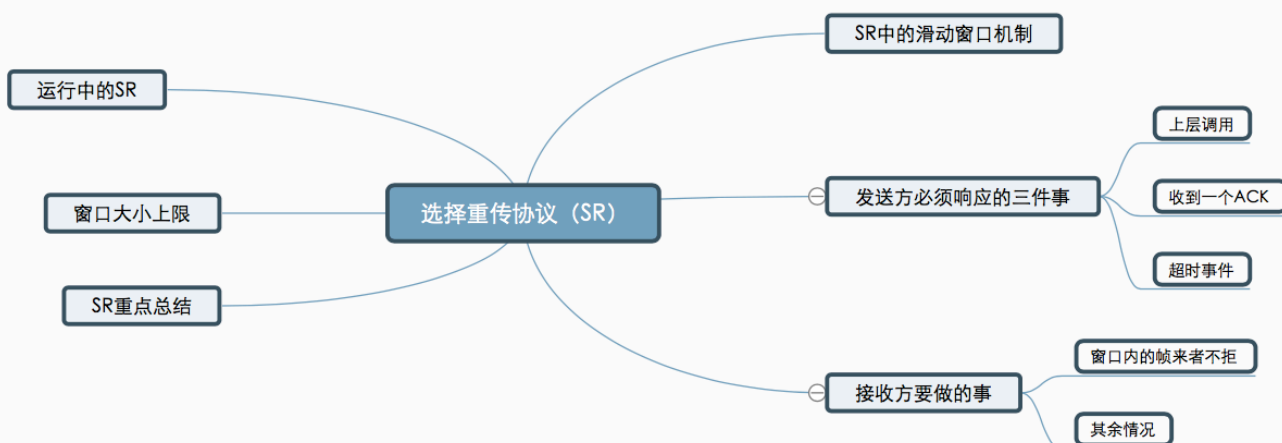
数据链路层采用了选择重传(SR)协议,发送方已经发送了编号为0~3的帧。现已收到1号帧的确认,而0、2号帧依次超时,则发送方需要重传的帧数是()。

A. 2 B. 3 C. 4 D. 5

重新发送0、2号帧

王道考研/CSKAOYAN.COM

脑图时刻



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

信道划分介质访问控制

王道考研/CSKAOYAN.COM

传输数据使用的两种链路

点对点链路

两个相邻节点通过一个链路相连, 没有第三者。
应用: PPP协议, 常用于广域网。



广播式链路

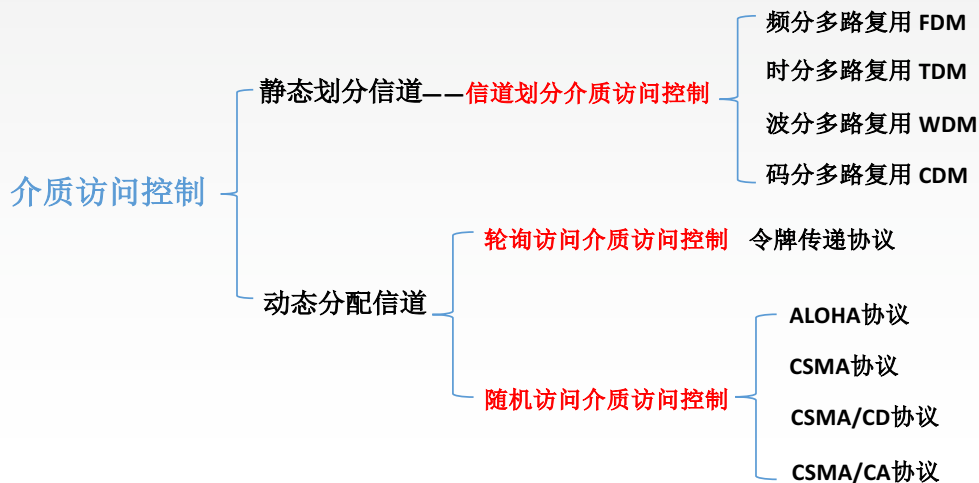
所有主机共享通信介质。
应用: 早期的总线以太网、无线局域网, 常用于局域网。
典型拓扑结构: 总线型、星型(逻辑总线型)



王道考研/CSKAOYAN.COM

介质访问控制

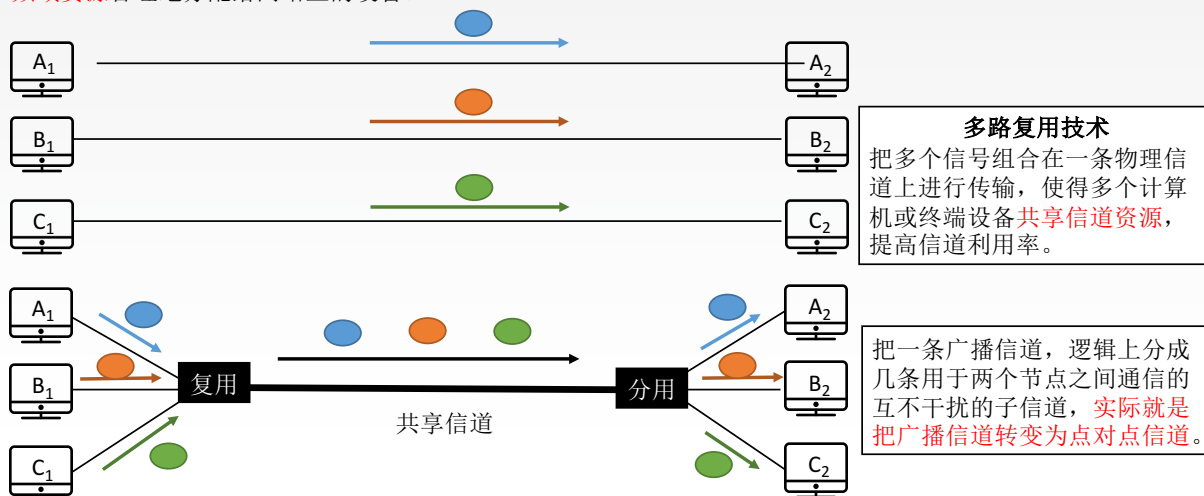
介质访问控制的内容就是, 采取一定的措施, 使得两对节点之间的通信不会发生互相干扰的情况。



王道考研/CSKAQYAN.COM

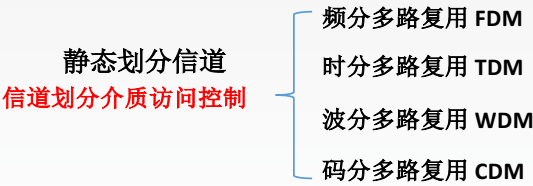
信道划分介质访问控制

信道划分介质访问控制: 将使用介质的每个设备与来自同一信道上的其他设备的**通信隔离开**, 把**时域和频域资源**合理地分配给网络上的设备。



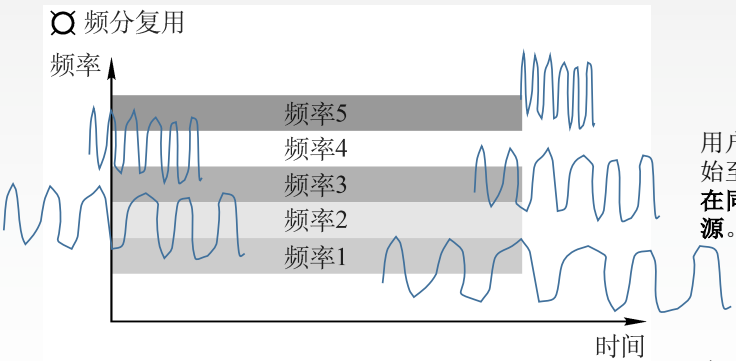
王道考研/CSKAQYAN.COM

信道划分介质访问控制



王道考研/CSKAOYAN.COM

频分多路复用FDM

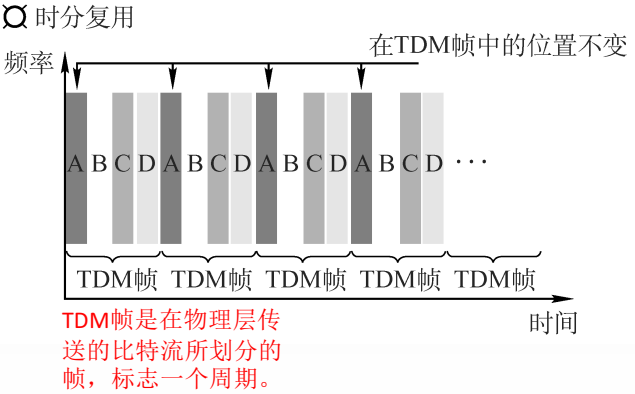


用户在分配到一定的频带后，在通信过程中自始至终都占用这个频带。频分复用的所有用户在同样的时间占用不同的带宽（频率带宽）资源。

充分利用传输介质带宽，系统效率较高；
由于技术比较成熟，实现也比较容易。

王道考研/CSKAOYAN.COM

时分多路复用TDM

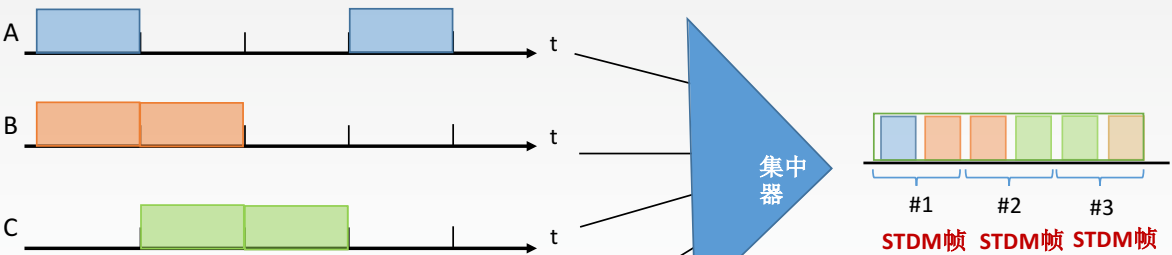


将时间划分为一段段等长的时分复用帧（TDM帧）。每一个时分复用的用户在每一个TDM帧中占用**固定序号的时隙**，所有用户轮流占用信道。

频分复用——“并行”
时分复用——“并发”

王道考研/CSKAQYAN.COM

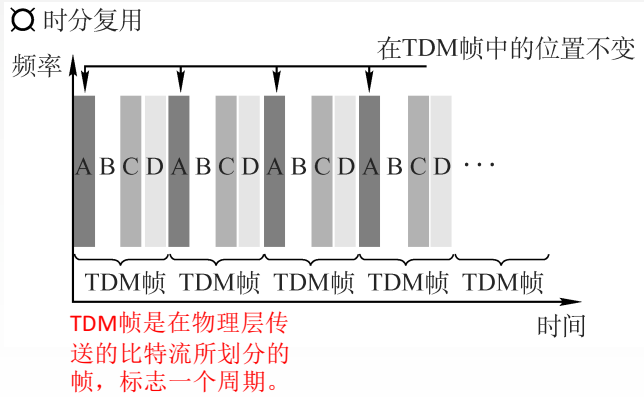
改进的时分复用——统计时分复用STDM



每一个STDM帧中的时隙数小于连接在集中器上的用户数。各用户有了数据就随时发往集中器的**输入缓存**，然后集中器按顺序依次扫描输入缓存，把缓存中的输入数据放入STDM帧中，一个STDM帧满了就发出。**STDM帧不是固定分配时隙，而是按需动态分配时隙。**

王道考研/CSKAQYAN.COM

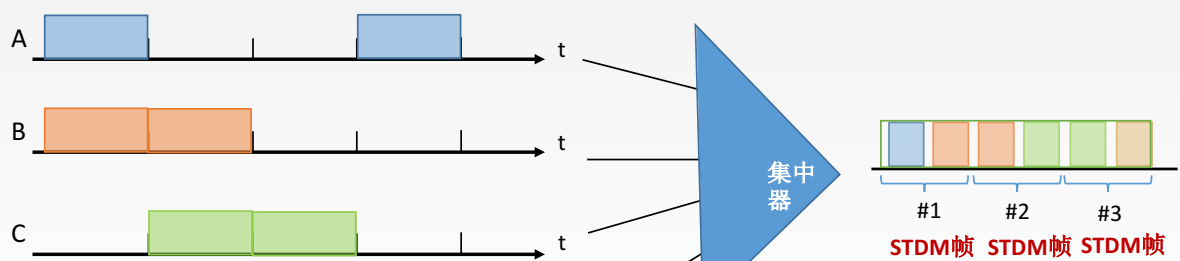
时分多路复用TDM



将时间划分为一段段等长的时分复用帧（TDM帧）。每一个时分复用的用户在每一个TDM帧中占用**固定序号的时隙**，所有用户轮流占用信道。

一人最高2000b/s

改进的时分复用——统计时分复用STDM



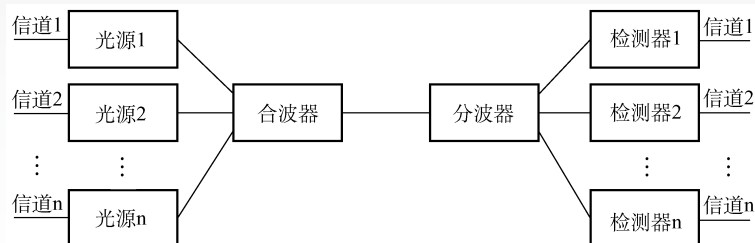
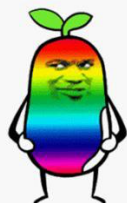
每一个STDM帧中的时隙数小于连接在集中器上的用户数。各用户有了数据就随时发往集中器的**输入缓存**，然后集中器按顺序依次扫描输入缓存，把缓存中的输入数据放入STDM帧中，一个STDM帧满了就发出。**STDM帧不是固定分配时隙，而是按需动态分配时隙。**

一人最高8000b/s

波分多路复用WDM

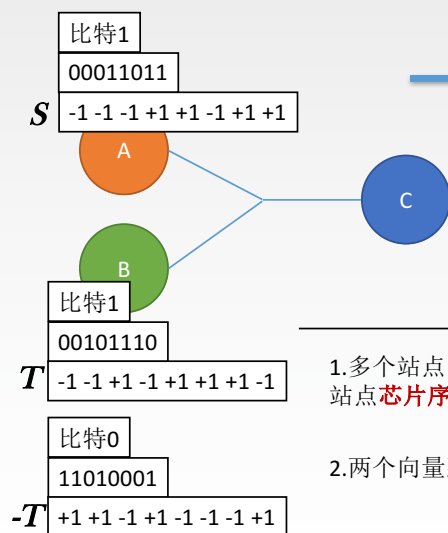
波分多路复用就是光的频分多路复用, 在一根光纤中传输多种不同波长(频率)的光信号, 由于波长(频率)不同, 所以各路光信号互不干扰, 最后再用波长分解复用器将各路波长分解出来。

闪瞎你们的钛合金狗眼



王道考研/CSKAOYAN.COM

码分多路复用CDM



码分多址(CDMA)是码分复用的一种方式。

1个比特分为多个码片/芯片(chip), 每一个站点被指定一个唯一的m位的**芯片序列**, **发送1**时发送芯片序列(通常把0写成-1)。

发送1时站点发送芯片序列, **发送0**时发送**芯片序列反码**。

1. 多个站点同时发送数据的时候, 要求各个站点**芯片序列相互正交**, 规格化内积为0。

$$\mathbf{S} \cdot \mathbf{T} \equiv \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i T_i = 0$$

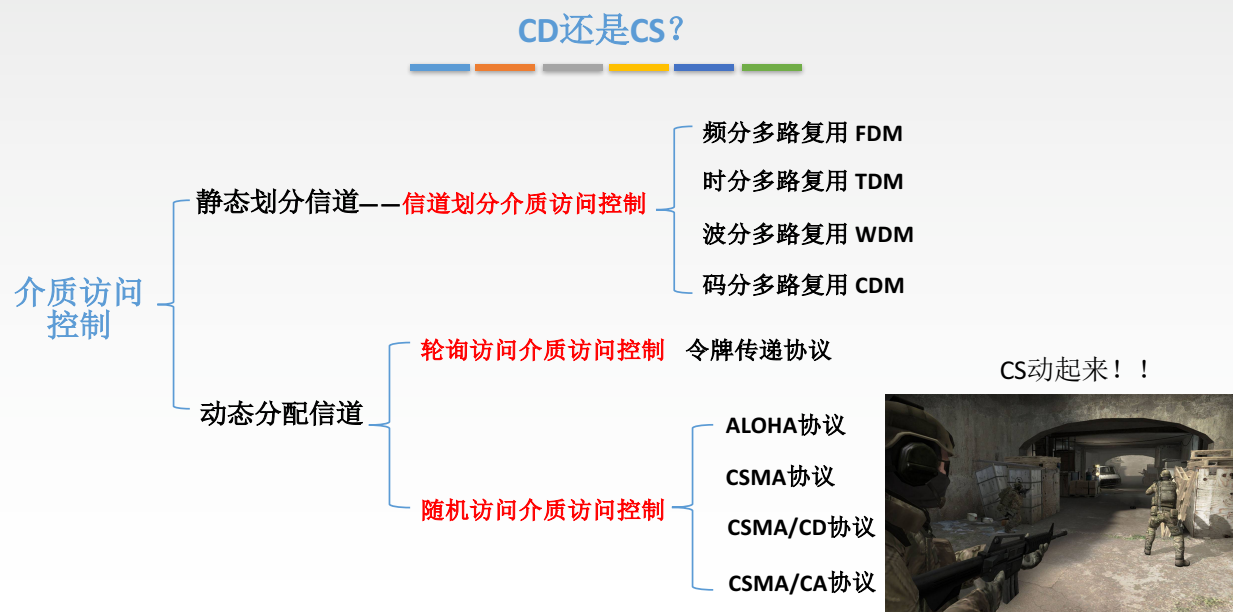
2. 两个向量到了公共信道上, **线性相加**。 $\mathbf{S} - \mathbf{T} = (0 \quad 0 \quad -2 \quad 2 \quad 0 \quad -2 \quad 0 \quad 2)$

3. 数据分离: 合并的数据和源站规格化内积。

$$\mathbf{A} \cdot (\mathbf{S} - \mathbf{T}) = 1$$

$$\mathbf{B} \cdot (\mathbf{S} - \mathbf{T}) = -1$$

王道考研/CSKAOYAN.COM



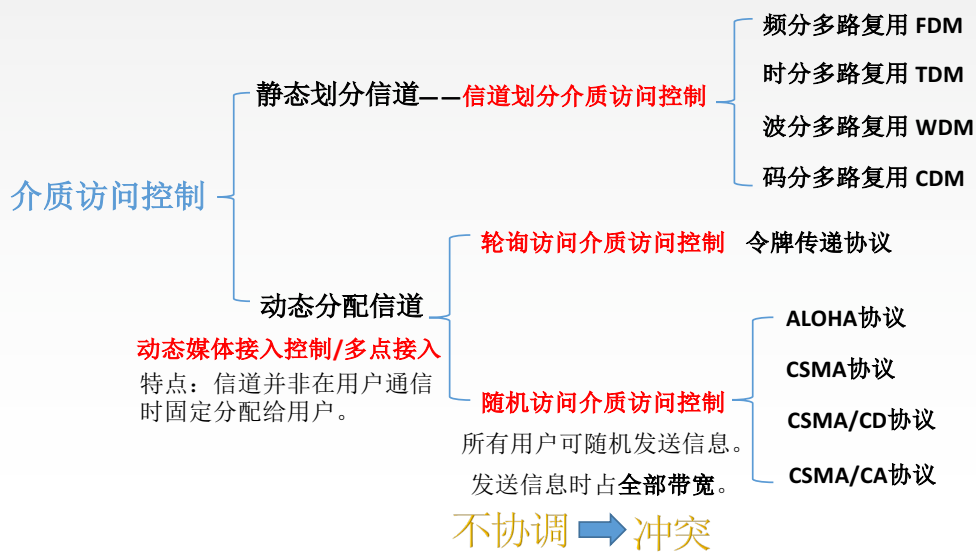
王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

ALOHA协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

介质访问控制



王道考研/CSKAQYAN.COM

ALOHA协议

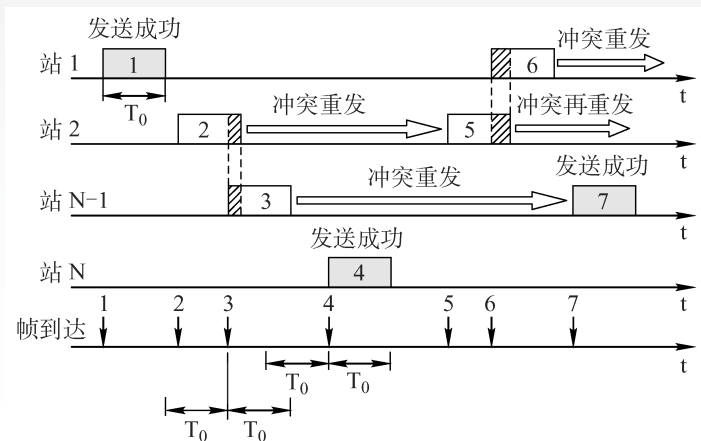
纯ALOHA协议 时隙ALOHA协议



王道考研/CSKAQYAN.COM

纯ALOHA协议

纯ALOHA协议思想: 不监听信道, 不按时间槽发送, 随机重发。想发就发



冲突如何检测?

如果发生冲突, 接收方在就会检测出差错, 然后不予确认, 发送方在一定时间内收不到就判断发生冲突。

冲突如何解决?

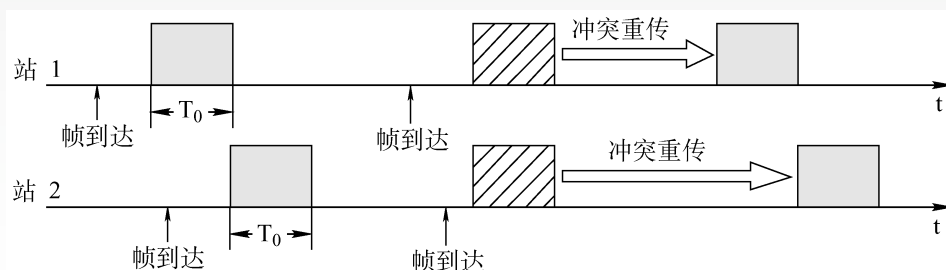
超时后等一随机时间再重传。

王道考研/CSKAOYAN.COM

时隙ALOHA协议

时隙ALOHA协议的思想: 把时间分成若干个相同的时间片, 所有用户在时间片开始时刻同步接入网络信道, 若发生冲突, 则必须等到下一个时间片开始时刻再发送。

控制想发就发的随意性



王道考研/CSKAOYAN.COM

关于ALOHA要知道的事

1. 纯ALOHA比时隙ALOHA吞吐量更低, 效率更低。
2. 纯ALOHA想发就发, 时隙ALOHA只有在时间片段开始时才能发。

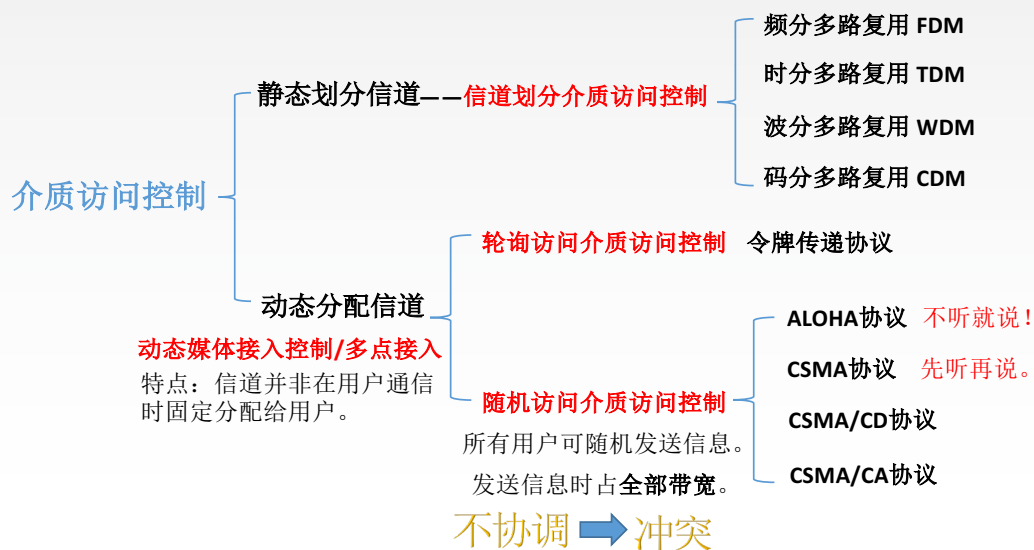
王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

CSMA协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

介质访问控制



王道考研/CSKAQYAN.COM

CSMA协议

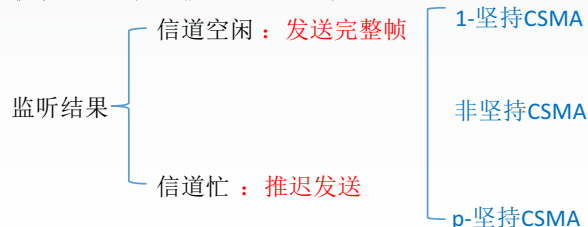
载波监听多路访问协议CSMA (carrier sense multiple access)

CS: 载波侦听/监听, 每一个站在发送数据之前要检测一下总线上是否有其他计算机在发送数据。

当几个站同时在总线上发送数据时, 总线上的信号电压摆动值将会增大(互相叠加)。当一个站检测到的信号电压摆动值超过一定门限值时, 就认为总线上至少有两个站同时在发送数据, 表明产生了碰撞, 即发生了冲突。

MA: 多点接入, 表示许多计算机以多点接入的方式连接在一根总线上。

协议思想: 发送帧之前, 监听信道。



王道考研/CSKAQYAN.COM

1-坚持CSMA



坚持指的是对于监听信道**忙**之后的坚持。

1-坚持CSMA思想：如果一个主机要发送消息，那么它先监听信道。

空闲则直接传输，不必等待。

忙则一直监听，直到空闲马上传输。

如果有冲突（一段时间内未收到肯定回复），则等待一个随机长的时间再监听，重复上述过程。

优点：只要媒体空闲，站点就马上发送，避免了媒体利用率的损失。

缺点：假如有两个或两个以上的站点有数据要发送，冲突就不可避免。

王道考研/CSKAOYAN.COM

非坚持CSMA



非坚持指的是对于监听信道**忙**之后就不继续监听。

非坚持CSMA思想：如果一个主机要发送消息，那么它先监听信道。

空闲则直接传输，不必等待。

忙则等待一个随机的时间之后再进行监听。

优点：采用随机的重发延迟时间可以减少冲突发生的可能性。

缺点：可能存在大家都在延迟等待过程中，使得媒体仍可能处于空闲状态，媒体使用率降低。

王道考研/CSKAOYAN.COM

p-坚持CSMA

May, 1991

Doc: IEEE P802.11/91-44-A

p-persistent CSMA

- Assumes a very fine-grained slotted channel
- If $p = 1$ protocol similar to 1-persistent CSMA
- $p=0$ is not the same as non-persistent CSMA

Algorithm:

Sense the channel before transmitting on mini-slot boundaries
If busy, wait till channel goes idle
If idle, transmit with probability p
Else wait for the next mini-slot, and repeat.

王道考研/CSKAOYAN.COM

p-坚持CSMA

p-坚持指的是对于监听信道空闲的处理。

p-坚持CSMA思想: 如果一个主机要发送消息, 那么它先监听信道。

空闲则以 p 概率直接传输, 不必等待; 概率 $1-p$ 等待到下一个时间槽再传输。

忙则持续监听直到信道空闲再以 p 概率发送。

若冲突则等到下一个时间槽开始再监听并重复上述过程。

优点: 既能像非坚持算法那样减少冲突, 又能像1-坚持算法那样减少媒体空闲时间的这种方案。

BUT !

发生冲突后还是要坚持把数据帧发送完, 造成了浪费。

CSMA/CD

有没有什么办法可以减少资源浪费, 一冲突就能发现呢?

王道考研/CSKAOYAN.COM

三种CSMA对比总结

	1-坚持CSMA	非坚持CSMA	p-坚持CSMA
信道空闲	马上发	马上发	p概率马上发 1-p概率等到下一个时隙再发送
信道忙	继续坚持监听	放弃监听，等一个随机时间再监听	持续监听，直到信道空闲再以p概率发送



超想喝！到我就买，
没到我就排队等！



不急喝。到我就买，
没到我就一会再来。



随性喝。到我按概率买，没
到继续等，等到再按概率买。

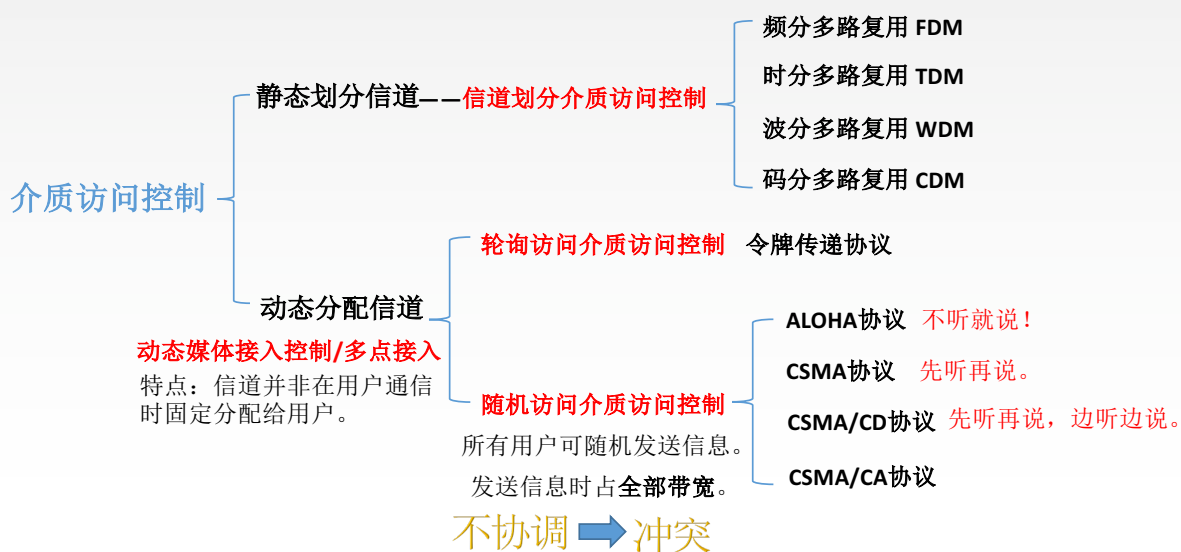
王道考研/CSKAQYAN.COM

本节内容

CSMA/CD协议

王道考研/CSKAQYAN.COM

介质访问控制



王道考研/CSKAQYAN.COM

CSMA/CD协议

载波监听多点接入/碰撞检测CSMA/CD (carrier sense multiple access with collision detection)

CS: 载波侦听/监听, 每一个站在发送数据之前以及发送数据时都要检测一下总线上是否有其他计算机在发送数据。

MA: 多点接入, 表示许多计算机以多点接入的方式连接在一根总线上。总线型网络

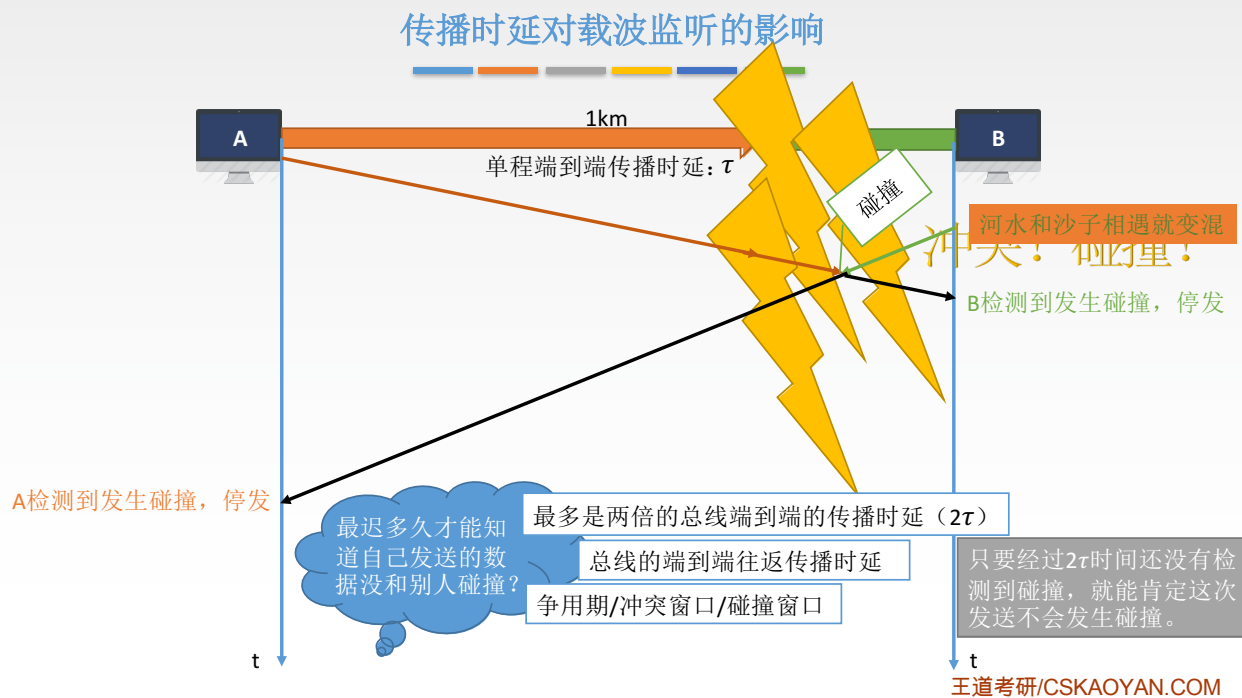
CD: 碰撞检测 (冲突检测), “边发送边监听”, 适配器边发送数据边检测信道上信号电压的变化情况, 以便判断自己在发送数据时其他站是否也在发送数据。半双工网络



因为电磁波在总线上总是以有限的速率传播的。



王道考研/CSKAQYAN.COM



如何确定碰撞后的重传时机?

截断二进制指数规避算法

1. 确定基本退避 (推迟) 时间为争用期 2τ 。
 2. 定义参数 k , 它等于重传次数, 但 k 不超过 10, 即 $k = \min[\text{重传次数}, 10]$ 。当重传次数不超过 10 时, k 等于重传次数; 当重传次数大于 10 时, k 就不再增大而一直等于 10。
 3. 从离散的整数集合 $[0, 1, 2, \dots, 2^k - 1]$ 中随机取出一个数 r , 重传所需要退避的时间就是 r 倍的基本退避时间, 即 $2r\tau$ 。
 4. 当重传达 16 次仍不能成功时, 说明网络太拥挤, 认为此帧永远无法正确发出, 抛弃此帧并向高层报告出错。
- 第一次重传, $k=1$, r 从 $\{0, 1\}$ 选;
重传推迟时间为 0 或 2τ , 在这两个时间中随机选一个;
若再次碰撞, 则在第二次重传时, $k=2$, r 从 $\{0, 1, 2, 3\}$ 选;
重传推迟时间为 0 或 2τ 或 4τ 或 6τ , 在这四个时间中随机选一个;
若再次碰撞, 则第三次重传时, $k=3$, r 从 $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ 选.....

若连续多次发生冲突, 就表明可能有较多的站参与争用信道。使用此算法可使重传需要推迟的平均时间随重传次数的增大而增大, 因而减小发生碰撞的概率, 有利于整个系统的稳定。

如何确定碰撞后的重传时机？

截断二进制指数规避算法

1. 确定基本退避（推迟）时间为争用期 2τ 。
2. 定义参数 k ，它等于重传次数，但 k 不超过 10，即 $k = \min[\text{重传次数}, 10]$ 。当重传次数不超过 10 时， k 等于重传次数；当重传次数大于 10 时， k 就不再增大而一直等于 10。
3. 从离散的整数集合 $[0, 1, \dots, 2^k - 1]$ 中随机取出一个数 r ，重传所需要退避的时间就是 r 倍的基本退避时间，即 $2r\tau$ 。
4. 当重传达 16 次仍不能成功时，说明网络太拥挤，认为此帧永远无法正确发出，抛弃此帧并向高层报告出错。

例：在以太网的二进制回退算法中，在 11 次碰撞之后，站点会在 $0 \sim (2^{11} - 1)$ 之间选择一个随机数。

王道考研/CSKAQYAN.COM

最小帧长问题

A 站发了一个很短的帧

但发生了碰撞

不过帧在发送完毕后才检测到发生碰撞

没法停止发送

因为发完了。。

还有这种操作!!!



王道考研/CSKAQYAN.COM

最小帧长问题



最小帧长

帧的传输时延至少要两倍于信号在总线中的传播时延。

$$\frac{\text{帧长 (bit)}}{\text{数据传输速率}} \geq 2\tau$$

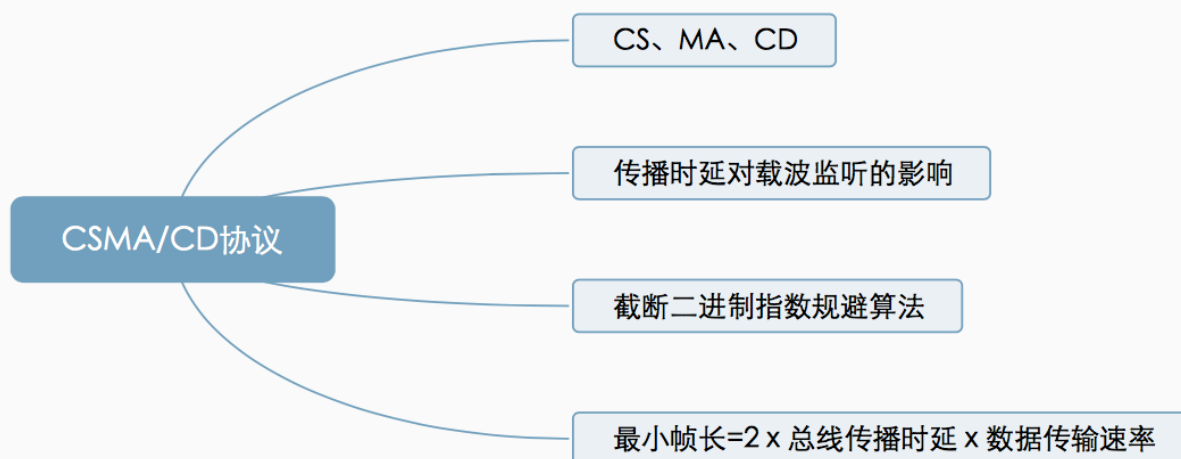
最小帧长 = 总线传播时延 $\times$ 数据传输速率 $\times 2$

$$2\tau \times \text{数据传输速率}$$

以太网规定最短帧长为64B, 凡是长度小于64B的都是由于冲突而异常终止的无效帧。

王道考研/CSKAQYAN.COM

脑图时刻



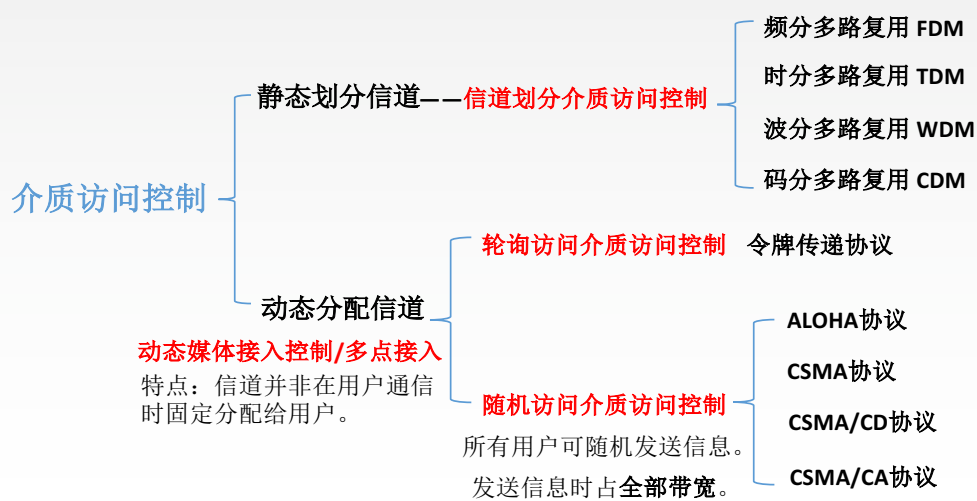
王道考研/CSKAQYAN.COM

本节内容

CSMA/CA协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

介质访问控制



王道考研/CSKAOYAN.COM

CSMA/CA协议

载波监听多点接入/碰撞避免CSMA/CA (carrier sense multiple access with collision avoidance)

为什么要有CSMA/CA?



无线局域网

无法做到360° 全面检测碰撞

隐蔽站

当A和C都检测不到信号, 认为信道空闲时, 同时向终端B发送数据帧, 就会导致冲突.



有礼貌的CSMA/CA

王道考研/CSKAOYAN.COM

CSMA/CA协议工作原理

发送数据前, 先检测信道是否空闲。

空闲则发出**RTS (request to send)**, RTS包括发射端的地址、接收端的地址、下一份数据将持续发送的时间等信息; 信道忙则等待。

接收端收到RTS后, 将响应**CTS (clear to send)**。

发送端收到CTS后, 开始发送数据帧(同时**预约信道**: 发送方告知其他站点自己要传多久数据)。

接收端收到数据帧后, 将用CRC来检验数据是否正确, 正确则响应**ACK帧**。

发送方收到ACK就可以进行下一个数据帧的发送, 若没有则一直重传至规定重发次数为止(采用**二进制指数退避算法**来确定随机的推迟时间)。

1. 预约信道

2. ACK帧

3. RTS/CTS帧(可选)

王道考研/CSKAOYAN.COM

CSMA/CD与CSMA/CA

相同点：

CSMA/CD与CSMA/CA机制都从属于CSMA的思路，其核心是**先听再说**。换言之，两个在接入信道之前都须要进行监听。当发现信道空闲后，才能进行接入。

不同点：

1. **传输介质不同**：CSMA/CD用于总线式以太网【有线】，而CSMA/CA用于无线局域网【无线】。
2. **载波检测方式不同**：因传输介质不同，CSMA/CD与CSMA/CA的**检测方式也不同**。CSMA/CD通过电缆中电压的变化来检测，当数据发生碰撞时，电缆中的电压就会随着发生变化；而CSMA/CA采用能量检测（ED）、载波检测（CS）和能量载波混合检测三种检测信道空闲的方式。
3. **CSMA/CD检测冲突，CSMA/CA避免冲突**，二者出现冲突后都会进行**有上限的重传**。

王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

轮询访问介质访问控制

王道考研/CSKAOYAN.COM

介质访问控制

信道划分介质访问控制(MAC Multiple Access Control)协议:

基于多路复用技术划分资源。

网络负载重: 共享信道效率高, 且公平

网络负载轻: 共享信道效率低



随机访问MAC协议: 冲突

用户根据意愿随机发送信息, 发送信息时可独占信道带宽。

网络负载重: 产生冲突开销

网络负载轻: 共享信道效率高, 单个结点可利用信道全部带宽

轮询访问MAC协议/轮流协议/轮转访问MAC协议:

既要不产生冲突, 又要发送时占全部带宽。



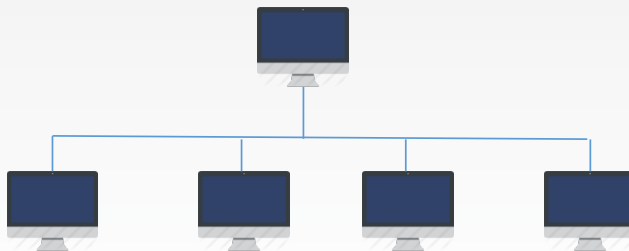
轮询协议

令牌传递协议

王道考研/CSKAQYAN.COM

轮询协议

主结点轮流“邀请”从属结点发送数据。

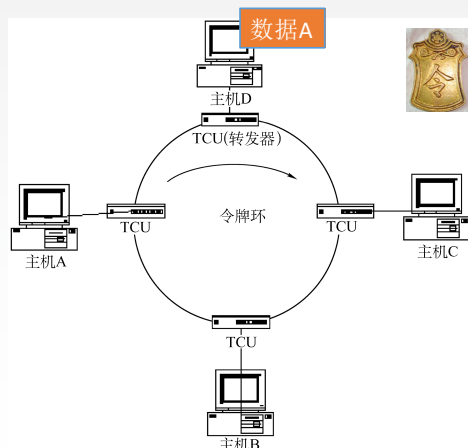


问题:

1. 轮询开销 2. 等待延迟 3. 单点故障

王道考研/CSKAQYAN.COM

令牌传递协议



令牌: 一个特殊格式的MAC控制帧, 不含任何信息。

控制信道的使用, 确保同一时刻只有一个结点独占信道。

令牌环网无碰撞

每个结点都可以在一定的时间内(令牌持有时间)获得发送数据的权利, 并不是无限地持有令牌。

问题:

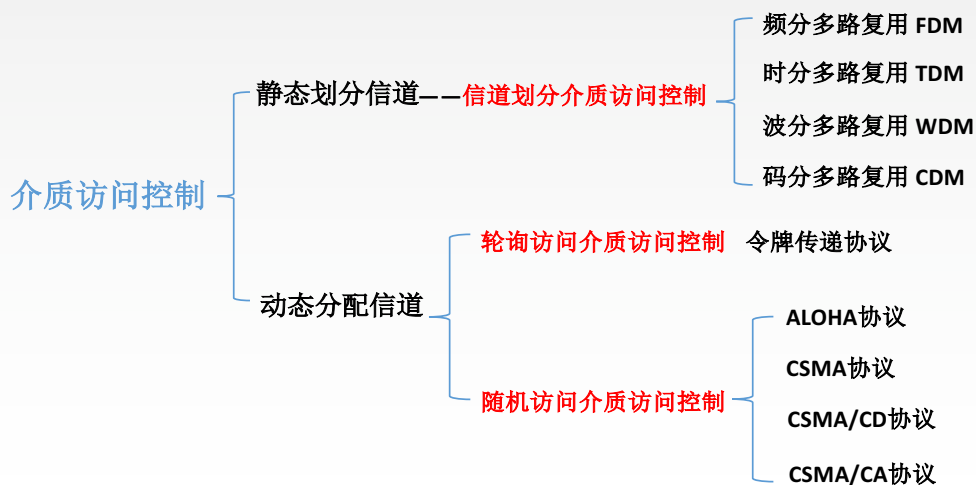
1. 令牌开销 2. 等待延迟 3. 单点故障

应用于令牌环网(物理星型拓扑, 逻辑环形拓扑)。

采用令牌传送方式的网络常用于**负载较重、通信量较大**的网络中。

王道考研/CSKAOYAN.COM

MAC协议总结



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

局域网基本概念 和体系结构

王道考研/CSKAOYAN.COM

局域网

局域网（Local Area Network）：简称LAN，是指在**某一区域内**由多台计算机互联成的计算机组，使用**广播信道**。

特点1：覆盖的地理范围较小，只在一个相对独立的局部范围内联，如一座或集中的建筑群内。

特点2：使用专门铺设的传输介质（双绞线、同轴电缆）进行联网，数据传输速率高（10Mb/s~10Gb/s）。

特点3：通信延迟时间短，误码率低，可靠性较高。

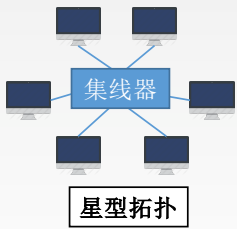
特点4：各站为平等关系，共享传输信道。

特点5：多采用分布式控制和广播式通信，能进行广播和组播。

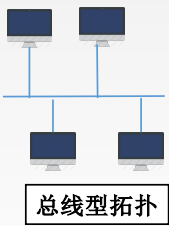
决定局域网的主要要素为：**网络拓扑**，**传输介质与介质访问控制方法**。

王道考研/CSKAOYAN.COM

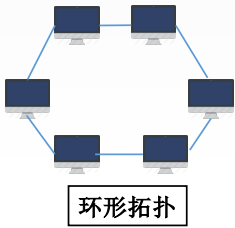
局域网拓扑结构



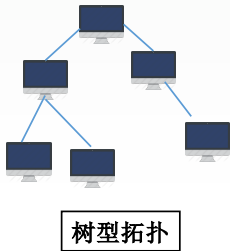
中心节点是控制中心，任意两个节点间的通信最多只需**两步**，传输速度快，并且网络构形简单、建网容易、便于控制和管理。但这种网络系统，网络可靠性低，网络共享能力差，有单点故障问题。



网络可靠性高，网络节点间响应时间短，共享资源能力较强，成本低，但当某节点出现故障时，对整个系统影响小。



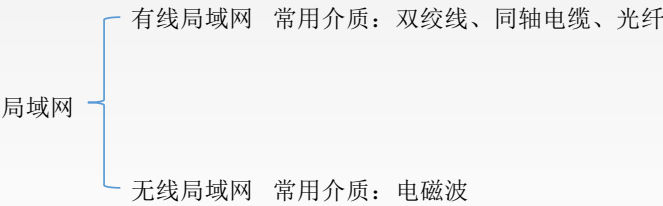
系统中通信设备和线路比较节省。有**单点故障**问题：由于环路是封闭的，所以不便于扩充，系统响应时间长，且信息传输效率相对较低。



易于拓展，易于隔离故障，也容易有**单点故障**。

王道考研/CSKAOYAN.COM

局域网传输介质



王道考研/CSKAOYAN.COM

局域网介质访问控制方法

- 1.CSMA/CD 常用于**总线型局域网**，也用于树型网络
- 2.令牌总线 常用于**总线型局域网**，也用于树型网络
它是把总线型或树型网络中的各个工作站按一定顺序如按接口地址大小排列形成一个逻辑环。只有令牌持有者才能控制总线，才有发送信息的权力。
- 3.令牌环 用于**环形局域网**，如令牌环网

王道考研/CSKAOYAN.COM

局域网的分类

- 1.以太网 以太网是应用最为广泛的局域网，包括标准以太网（10Mbps）、快速以太网（100Mbps）、千兆以太网（1000 Mbps）和10G以太网，它们都符合IEEE802.3系列标准规范。逻辑拓扑总线型，物理拓扑是星型或拓展星型。使用CSMA/CD。
- 2.令牌环网 物理上采用了星形拓扑结构，逻辑上是环形拓扑结构。已是“明日黄花”。
- 3.FDDI网（Fiber Distributed Data Interface） 物理上采用了双环拓扑结构，逻辑上是环形拓扑结构。
- 4.ATM网（Asynchronous Transfer Mode） 较新型的单元交换技术,使用53字节固定长度的单元进行交换。
- 5.无线局域网（Wireless Local Area Network; WLAN） 采用IEEE 802.11标准。

王道考研/CSKAOYAN.COM

IEEE 802系列
中最广泛使用
专门工作组



IEEE 802现有标准

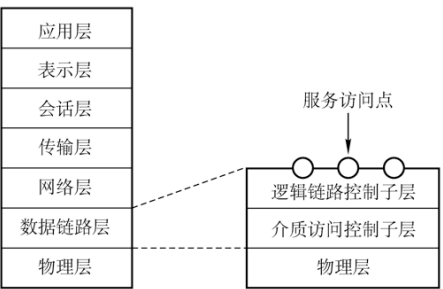
- IEEE 802.1：局域网体系结构、寻址、网络互联和网络
- IEEE 802.1A：概述和系统结构
- IEEE 802.1B：网络管理和网络互连
- IEEE 802.2：逻辑链路控制子层（LLC）的定义。
- IEEE 802.3：以太网介质访问控制协议（CSMA/CD）及物理层技术规范 [2]。
- IEEE 802.4：令牌总线网（Token-Bus）的介质访问控制协议及物理层技术规范。
- IEEE 802.5：令牌环网（Token-Ring）的介质访问控制协议及物理层技术规范。
- IEEE 802.6：城域网介质访问控制协议DQDB（Distributed Queue Dual Bus 分布式队列双总线）及物理层技术规范。
- IEEE 802.7：宽带技术咨询组，提供有关宽带联网的技术咨询。
- IEEE 802.8：光纤技术咨询组，提供有关光纤联网的技术咨询。
- IEEE 802.9：综合声音数据的局域网（IVD LAN）介质访问控制协议及物理层技术规范。
- IEEE 802.10：网络安全技术咨询组，定义了网络互操作的认证和加密方法。
- IEEE 802.11：无线局域网（WLAN）的介质访问控制协议及物理层技术规范。
- IEEE 802.11，1997年，原始标准（2Mbit/s，播在2.4GHz）。
- IEEE 802.11a，1999年，物理层补充（54Mbit/s，播在5GHz）。
- IEEE 802.11b，1999年，物理层补充（11Mbit/s播在2.4GHz）。

。其
一个

YAN.COM

MAC子层和LLC子层

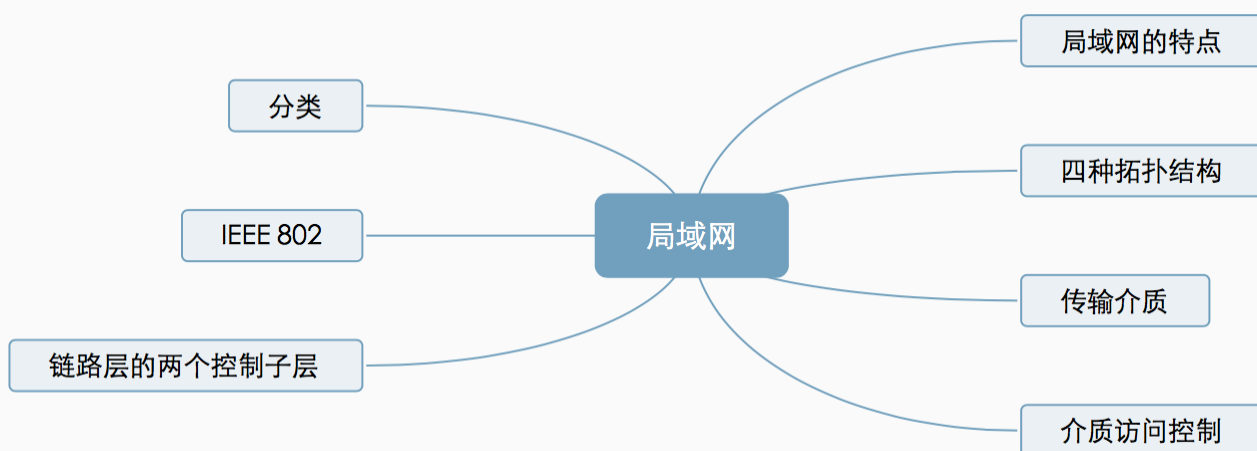
IEEE 802标准所描述的局域网参考模型只对应OSI参考模型的数据链路层与物理层，它将数据链路层划分为逻辑链路层LLC子层和介质访问控制MAC子层。



LLC负责识别网络层协议，然后对它们进行封装。LLC报头告诉数据链路层一旦帧被接收到时，应当对数据包做何处理。为网络层提供服务：无确认无连接、面向连接、带确认无连接、高速传送。

MAC子层的主要功能包括数据帧的封装/卸装，帧的寻址和识别，帧的接收与发送，链路的管理，帧的差错控制等。MAC子层的存在屏蔽了不同物理链路种类的差异性。

脑图时刻



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

以太网

王道考研/CSKAOYAN.COM

以太网概述

以太网(Ethernet)指的是由Xerox公司创建并由Xerox、Intel和DEC公司联合开发的**基带总线局域网规范**,是当今现有局域网采用的最通用的通信协议标准。以太网络使用**CSMA/CD**(载波监听多路访问及冲突检测)技术。

以太网在局域网各种技术中占**统治性**地位:



1. 造价低廉(以太网网卡不到100块);
2. 是应用最广泛的局域网技术;
3. 比令牌环网、ATM网便宜,简单;
4. 满足网络速率要求: 10Mb/s~10Gb/s.

以太网两个标准

DIX Ethernet V2: 第一个局域网产品(以太网)规约。

IEEE 802.3: IEEE 802委员会802.3工作组制定的第一个IEEE的以太网标准。(帧格式有一丢丢改动)

802.3局域网 **AKA** 以太网

王道考研/CSKAQYAN.COM

以太网提供无连接、不可靠的服务

无连接: 发送方和接收方之间无“握手过程”。

不可靠: 不对发送方的数据帧**编号**,接收方不向发送方进行**确认**,差错帧直接丢弃,差错纠正由高层负责。

以太网只实现无差错接收,不实现可靠传输。

王道考研/CSKAQYAN.COM

以太网传输介质与拓扑结构的发展

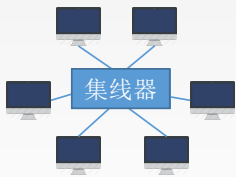


不忘初心

王道考研/CSKAOYAN.COM

10BASE-T以太网

10BASE-T是传送基带信号的双绞线以太网，T表示采用双绞线，现10BASE-T采用的是无屏蔽双绞线（UTP），传输速率是10Mb/s。



物理上采用星型拓扑，逻辑上总线型，每段双绞线最长为100m。

采用曼彻斯特编码。

采用CSMA/CD介质访问控制。

王道考研/CSKAOYAN.COM

适配器与MAC地址

计算机与外界有局域网的连接是通过通信适配器的。



网络接口板
网络接口卡NIC（network interface card）
NOW，不再使用单独网卡。
适配器上装有处理器和存储器（包括RAM和ROM）。
ROM上有计算机硬件地址MAC地址。

在局域网中，硬件地址又称为物理地址，或MAC地址。【实际上是标识符】
MAC地址：每个适配器有一个全球唯一的48位二进制地址，前24位代表厂家（由IEEE规定），后24位厂家自己指定。常用6个十六进制数表示，如02-60-8c-e4-b1-21。



全球唯一

王道考研/CSKAOYAN.COM

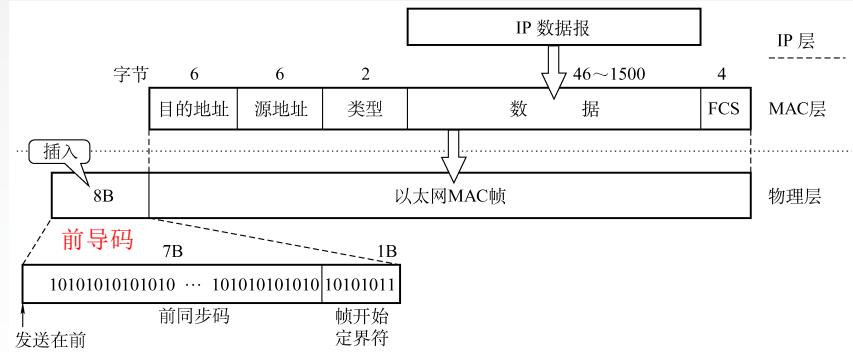
适配器与MAC地址

ALL MAC (MA-L, MA-M, MA-S) SEARCH RESULTS				EXPORT
Assignment	Assignment Type	Company Name	Company Address	
DC-E3-05 (hex) DCE305	MA-L	ZAO "NPK Rrotek"	Prospekt Mira Moscow 129223 RU	
00-23-B9 (hex) 0023B9	MA-L	Airbus Defence and Space Deutschland GmbH	Willy-Messerschmitt-Strasse 1, Taufkirchen 82024 DE	
58-E8-76 (hex) E00000-EFFFFF	MA-M	Baoruh Electronic Co., Ltd.	o.285, Dingciang Street, Kaohsiung, 80790 Taiwan. Kaohsiung 80790 TW	
4C-E1-73 (hex) 000000-0FFFFFFF	MA-M	Beijing Sutongwang E- Business Co., Ltd	Room 1108, Qingyun modern building. NO.43 Bei San Huan Xi Road Beijing Beijing 100086 CN	

王道考研/CSKAOYAN.COM

以太网MAC帧

最常用的MAC帧是以太网V2的格式。



王道考研/CSKAOYAN.COM

高速以太网

速率 $\geq 100\text{Mb/s}$ 的以太网称为高速以太网。

1. 100BASE-T以太网

在**双绞线**上传送**100Mb/s基带信号**的**星型**拓扑以太网，仍使用IEEE802.3的**CSMA/CD**协议。支持**全双工**和**半双工**，可在**全双工**方式下工作而无冲突。



2. 吉比特以太网

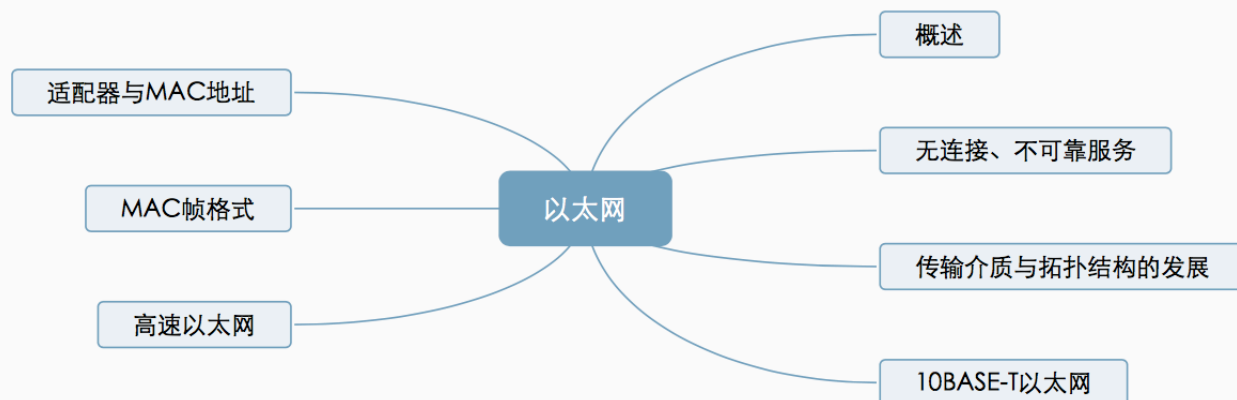
在**光纤**或**双绞线**上传送**1Gb/s信号**。支持**全双工**和**半双工**，可在**全双工**方式下工作而无冲突。

3. 10吉比特

10吉比特以太网在**光纤**上传送**10Gb/s信号**。只支持**全双工**，无争用问题。

王道考研/CSKAOYAN.COM

脑图时刻



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

IEEE 802.11
无线局域网

王道考研/CSKAOYAN.COM

IEEE 802.11

IEEE 802.11是**无线局域网**通用的标准，它是由IEEE所定义的无线网络通信的标准。

- IEEE 802.11，1997年，原始标准（2Mbit/s，工作在2.4GHz）。
- IEEE 802.11a，1999年，物理层补充（54Mbit/s，工作在5.2GHz）。
- IEEE 802.11b，1999年，物理层补充（11Mbit/s工作在2.4GHz）。
- IEEE 802.11c，符合802.1D的媒体接入控制层**桥接**（MAC Layer Bridging）。
- IEEE 802.11d，根据各国无线电规定做的调整。
- IEEE 802.11e，对服务等级（Quality of Service, QoS）的支持。
- IEEE 802.11f，基站的互连性（IAPP, Inter-Access Point Protocol），2006年2月被IEEE批准撤销。
- IEEE 802.11g，2003年，物理层补充（54Mbit/s，工作在2.4GHz）。
- IEEE 802.11h，2004年，无线覆盖半径的调整，室内（indoor）和室外（outdoor）信道（5.2GHz频段）。

WiFi?

802.11的MAC帧头格式



802.11的MAC帧头格式

功能	To DS	From DS	Address1（接收端）	Address2（发送端）	Address3	Address4
IBSS	0	0	DA	SA	BSSID	未使用
To AP（基础结构型）	1	0	BSSID	SA	DA	未使用
From AP（基础结构型）	0	1	DA	BSSID	SA	未使用
WDS（无线分布式系统）	1	1	RA	TA	DA	SA

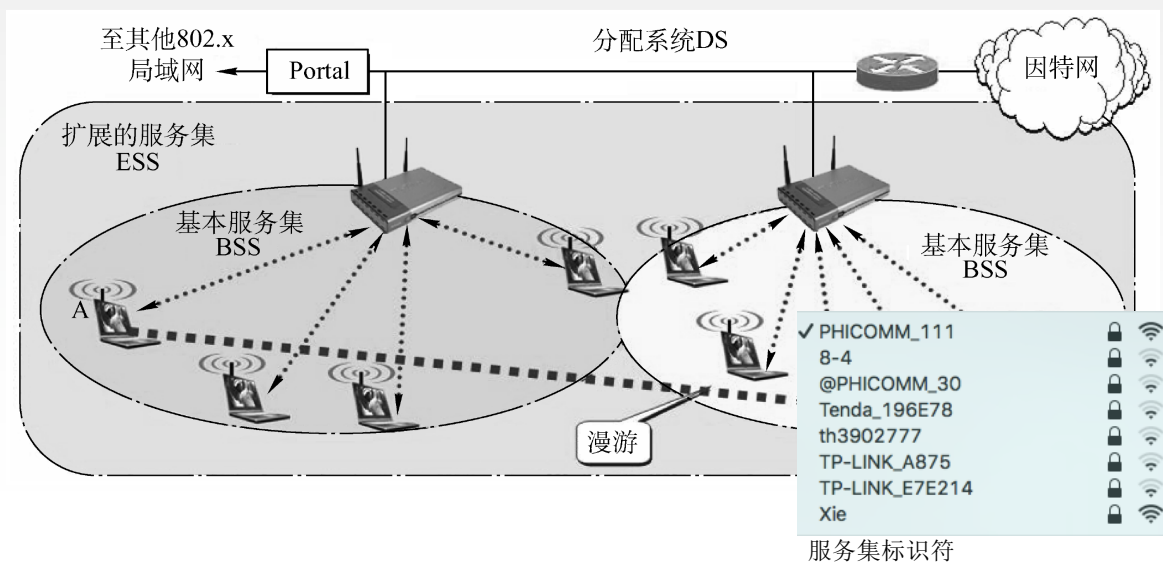
王道考研/CSKAOYAN.COM

无线局域网的分类

- 1.有固定基础设施无线局域网
- 2.无固定基础设施无线局域网的自组织网络

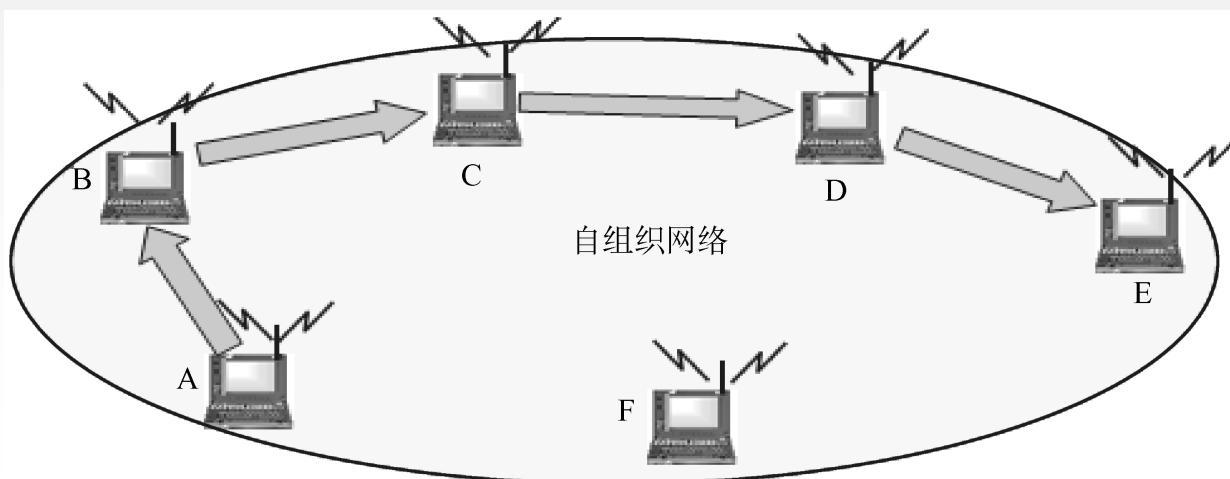
王道考研/CSKAOYAN.COM

有固定基础设施无线局域网



王道考研/CSKAOYAN.COM

无固定基础设施无线局域网的自组织网络



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

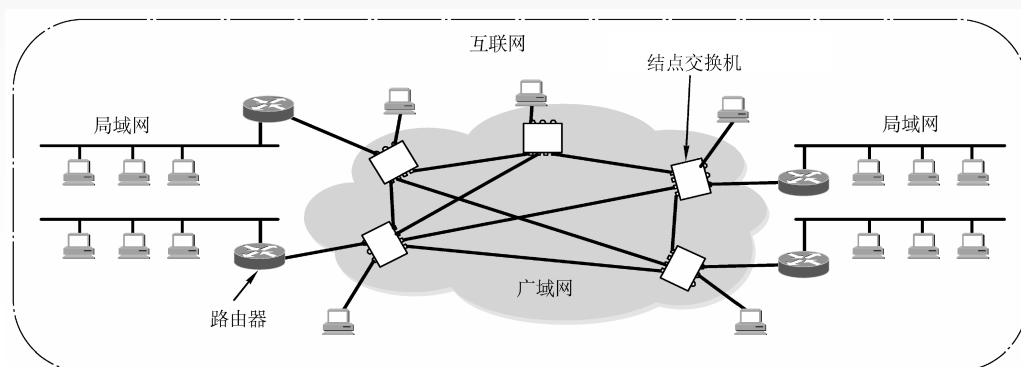
PPP协议 & HDLC协议

王道考研/CSKAOYAN.COM

广域网

广域网（WAN，Wide Area Network），通常跨越很大的物理范围，所覆盖的范围从几十公里到几千公里，它能连接多个城市或国家，或横跨几个洲并能提供远距离通信，形成国际性的远程网络。

广域网的通信子网主要使用**分组交换**技术。广域网的通信子网可以利用公用分组交换网、卫星通信网和无线分组交换网，它将分布在不同地区的**局域网或计算机系统**互连起来，达到**资源共享**的目的。如因特网（Internet）是世界范围内最大的广域网。



王道考研/CSKAOYAN.COM

PPP协议的特点

点对点协议PPP（Point-to-Point Protocol）是目前使用最广泛的数据链路层协议，用户使用拨号电话接入因特网时一般都使用PPP协议。

只支持全双工链路。

王道考研/CSKAOYAN.COM

PPP协议应满足的要求

简单 对于链路层的帧，无需纠错，无需序号，无需流量控制。

封装成帧 帧定界符

透明传输 与帧定界符一样比特组合的数据应该如何处理：异步线路用字节填充，同步线路用比特填充。

多种网络层协议 封装的IP数据报可以采用多种协议。

多种类型链路 串行/并行，同步/异步，电/光....

差错检测 错就丢弃。

检测连接状态 链路是否正常工作。

最大传送单元 数据部分最大长度MTU。

网络层地址协商 知道通信双方的网络层地址。

数据压缩协商

王道考研/CSKAOYAN.COM

PPP协议无需满足的要求

纠错
流量控制
序号
不支持多点线路

王道考研/CSKAOYAN.COM

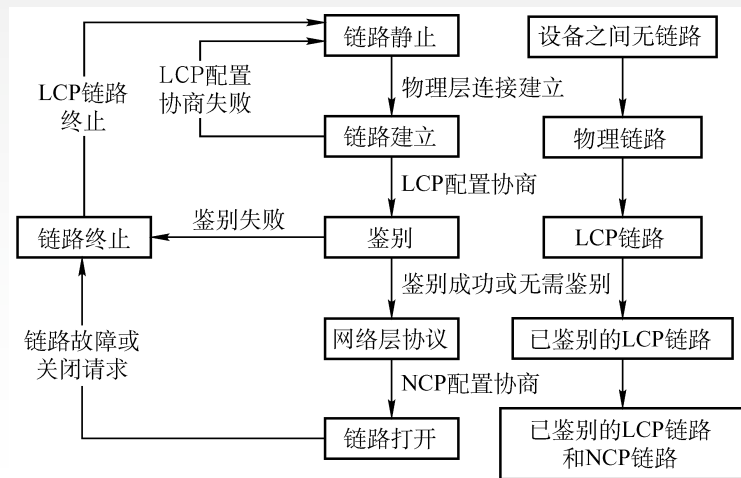
PPP协议的三个组成部分

1. 一个将IP数据报封装到串行链路（同步串行/异步串行）的方法。
2. 链路控制协议**LCP**：建立并维护数据链路连接。 身份验证
3. 网络控制协议**NCP**：PPP可支持多种网络层协议，每个不同的网络层协议都要一个相应的NCP来配置，为网络层协议建立和配置逻辑连接。



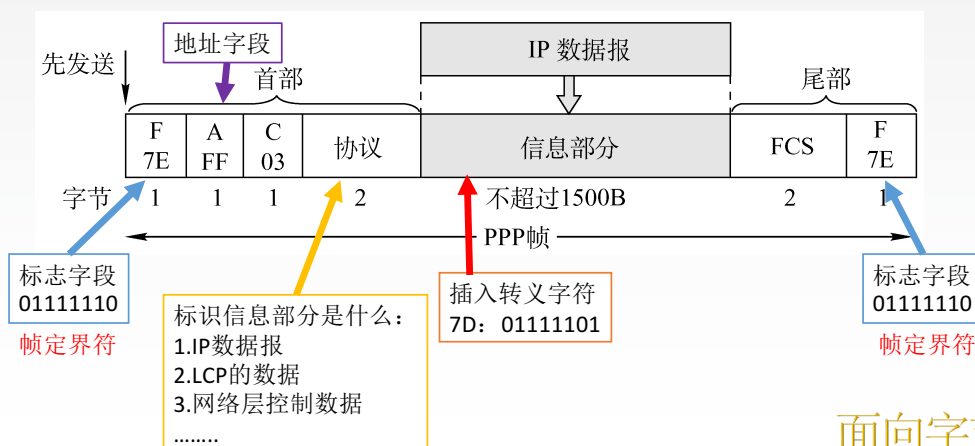
王道考研/CSKAOYAN.COM

PPP协议的状态图



王道考研/CSKAOYAN.COM

PPP协议的帧格式



面向字节

王道考研/CSKAOYAN.COM

HDLC协议

高级数据链路控制（High-Level Data Link Control或简称HDLC），是一个在同步网上传输数据、**面向比特**的数据链路层协议，它是由国际标准化组织(**ISO**)根据IBM公司的SDLC(SynchronousData Link Control)协议扩展开发而成的。

数据报文可透明传输，用于实现透明传输的“0比特插入法”易于硬件实现

采用全双工通信

所有帧采用**CRC检验**，对信息帧进行顺序**编号**，可防止漏收或重份，传输可靠性高。

王道考研/CSKAOYAN.COM

HDLC的站

主站、从站、复合站

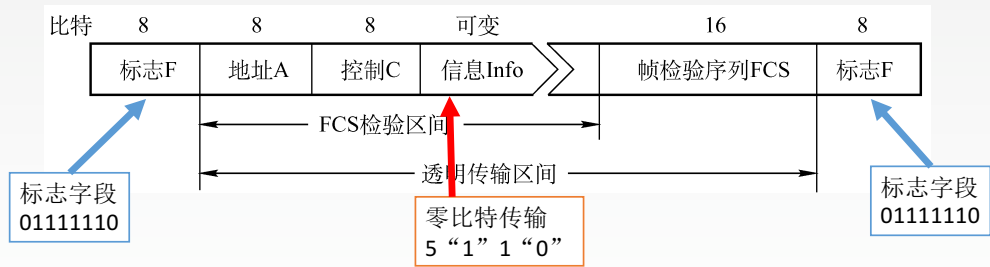
- 1.主站的主要功能是发送命令（包括数据信息）帧、接收响应帧，并负责对整个链路的控制系统的初启、流程的控制、差错检测或恢复等。
- 2.从站的主要功能是接收由主站发来的命令帧，向主站发送响应帧，并且配合主站参与差错恢复等链路控制。
- 3.复合站的主要功能是既能发送，又能接收命令帧和响应帧，并且负责整个链路的控制。

三种数据操作方式：

- 1.正常响应方式
- 2.异步平衡方式
- 3.异步响应方式

王道考研/CSKAOYAN.COM

HDLC的帧格式



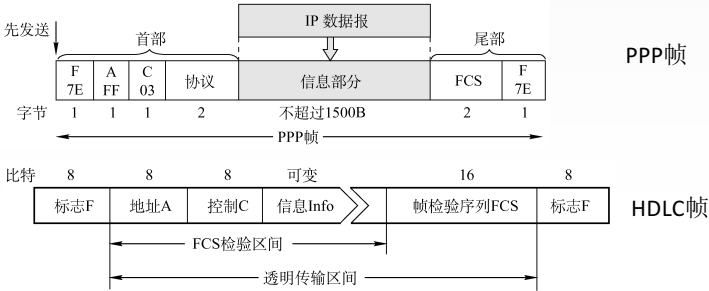
- 1) 信息帧 (I) 第1位为0，用来传输数据信息，或使用捎带技术对数据进行确认；
- 2) 监督帧 (S) 10，用于流量控制和差错控制，执行对信息帧的确认、请求重发和请求暂停发送等功能
- 3) 无编号帧 (U) 11，用于提供对链路的建立、拆除等多种控制功能。

“无奸细”

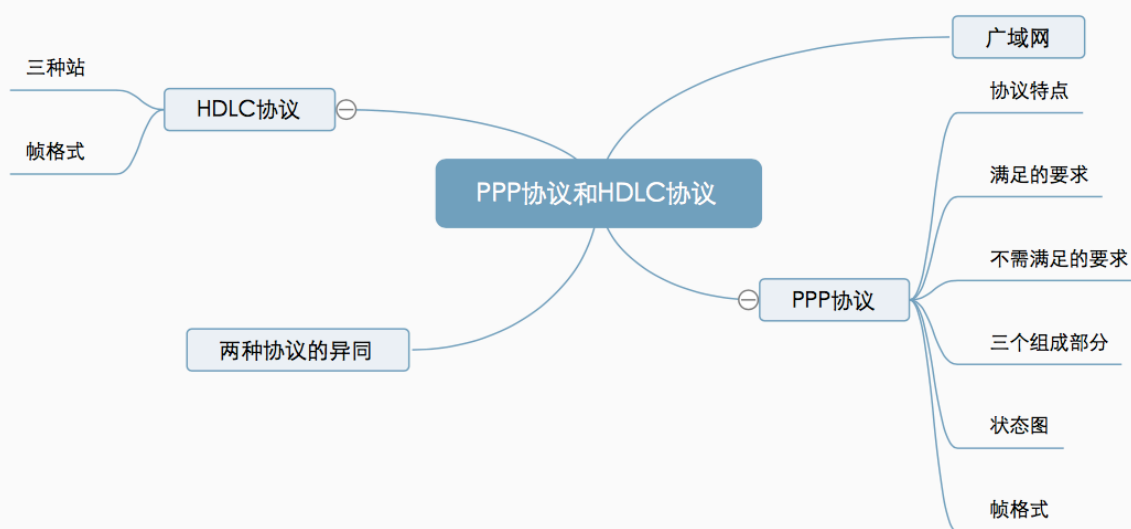
PPP协议&HDLC协议

HDLC、PPP只支持全双工链路。
都可以实现透明传输。
都可以实现差错检测，但不纠正差错。

PPP协议	面向字节	2B协议字段	无序号和确认机制	不可靠
HDLC协议	面向比特	没有	有编号和确认机制	可靠



脑图时刻



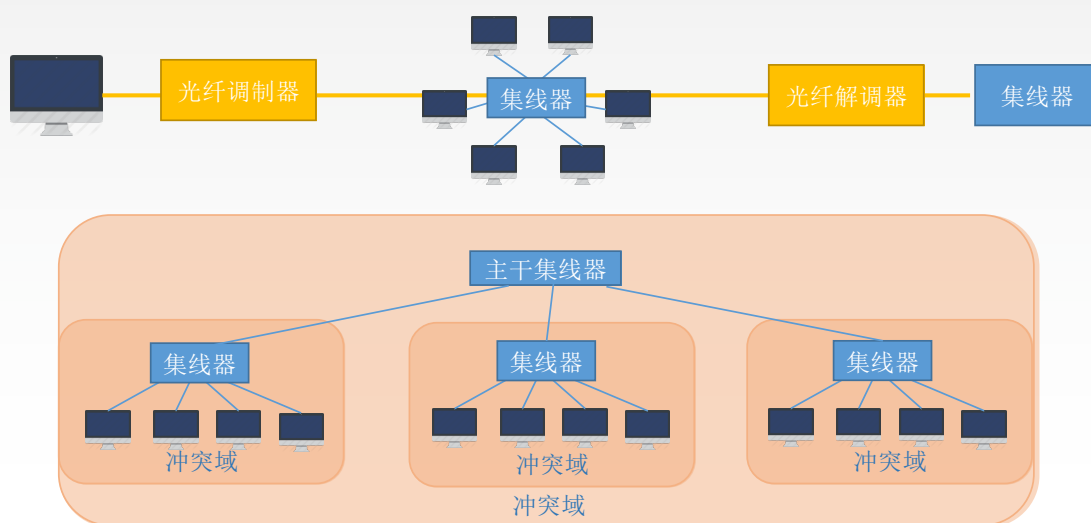
王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

链路层设备

王道考研/CSKAOYAN.COM

物理层扩展以太网

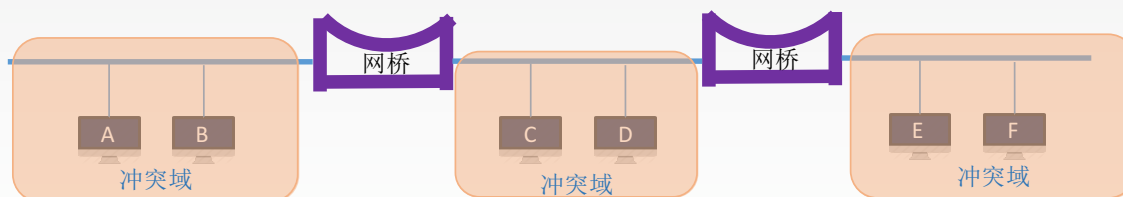


王道考研/CSKAOYAN.COM

链路层扩展以太网

网桥&交换机

网桥根据**MAC帧的目的地址**对帧进行**转发**和**过滤**。当网桥收到一个帧时，并不向所有接口转发此帧，而是先检查此帧的目的MAC地址，然后再确定将该帧转发到哪一个接口，或者是把它丢弃（即过滤）。



网桥优点：

1. 过滤通信量，增大吞吐量。
2. 扩大了物理范围。
3. 提高了可靠性。
4. 可互连不同物理层、不同MAC子层和不同速率的以太网。

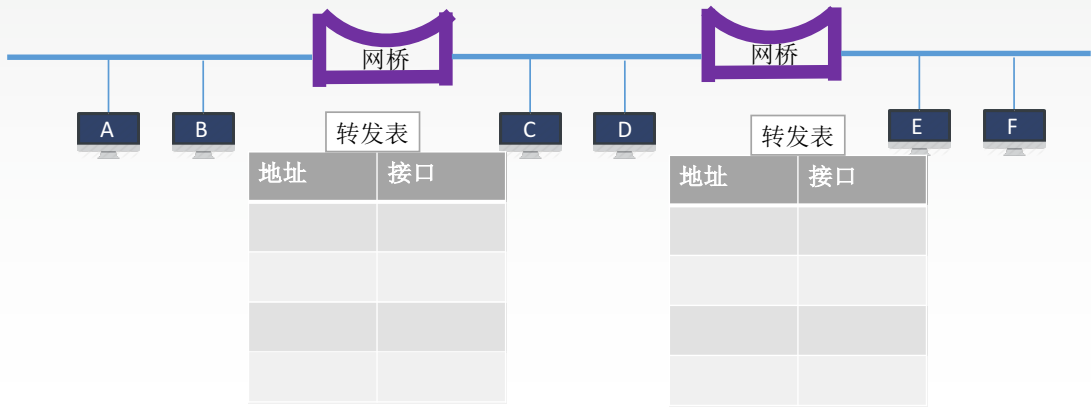
网段：一般指一个计算机网络中使用同一物理层设备（传输介质，中继器，集线器等）能够直接通讯的那一部分。

王道考研/CSKAOYAN.COM

网桥分类——透明网桥

透明网桥&源路由网桥

透明网桥：“透明”指以太网上的站点并不知道所发送的帧将经过哪几个网桥，是一种即插即用设备——自学习。



王道考研/CSKAOYAN.COM

网桥分类——源路由网桥

源路由网桥：在发送帧时，把详细的最佳路由信息（路由最少/时间最短）放在帧的首部中。

方法：源站以广播方式向欲通信的目的站发送一个**发现帧**。

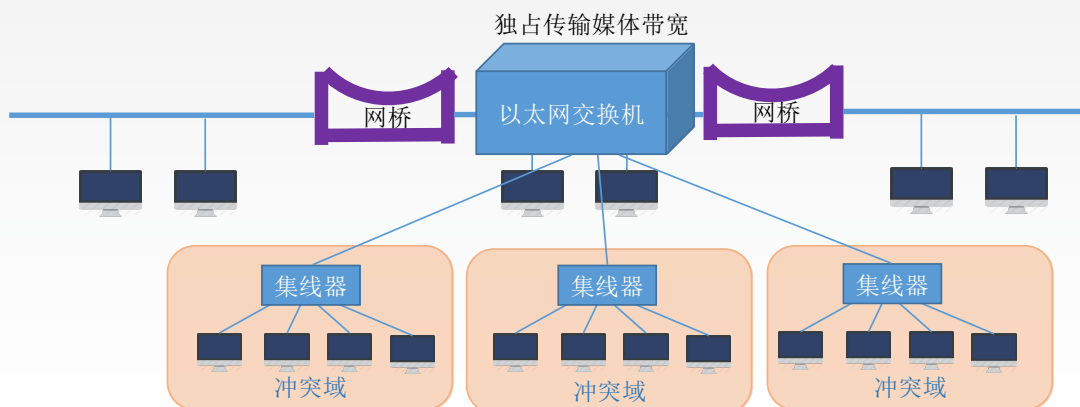


- 方案1:
- 方案2:
- 方案3:
- 方案4:
- 方案5:



王道考研/CSKAOYAN.COM

多接口网桥——以太网交换机



王道考研/CSKAOYAN.COM

以太网交换机的两种交换方式

直通式交换机

查完目的地址(6B)就立刻转发。

延迟小, 可靠性低, 无法支持具有不同速率的端口的交换。



我觉得这样有失公正

存储转发式交换机

将帧放入高速缓存, 并检查是否正确, 正确则转发, 错误则丢弃。

延迟大, 可靠性高, 可以支持具有不同速率的端口的交换。

王道考研/CSKAOYAN.COM

冲突域和广播域

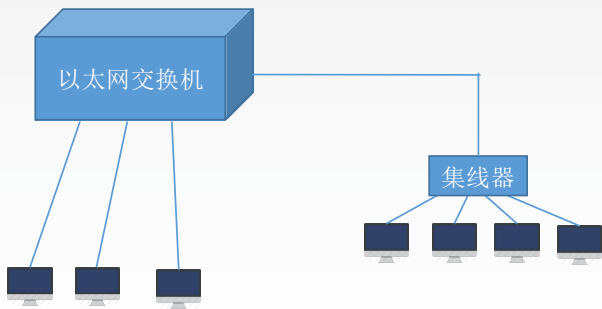
冲突域：在同一个冲突域中的每一个节点都能收到所有被发送的帧。简单的说就是同一时间内只能有一台设备发送信息的范围。

广播域：网络中能接收任一设备发出的广播帧的所有设备的集合。简单的说如果站点发出一个广播信号，所有能接收收到这个信号的设备范围称为一个广播域。

	能否隔离冲突域	能否隔离广播域
物理层设备【傻瓜】 (中继器、集线器)	×	×
链路层设备【路人】 (网桥、交换机)	√	×
网络层设备【大佬】 (路由器)	√	√

王道考研/CSKAOYAN.COM

冲突域和广播域



4个冲突域，1个广播域。

王道考研/CSKAOYAN.COM

脑图时刻

