

COMPUTER NETWORKS

计算机网络

北京邮电大学 计算机学院

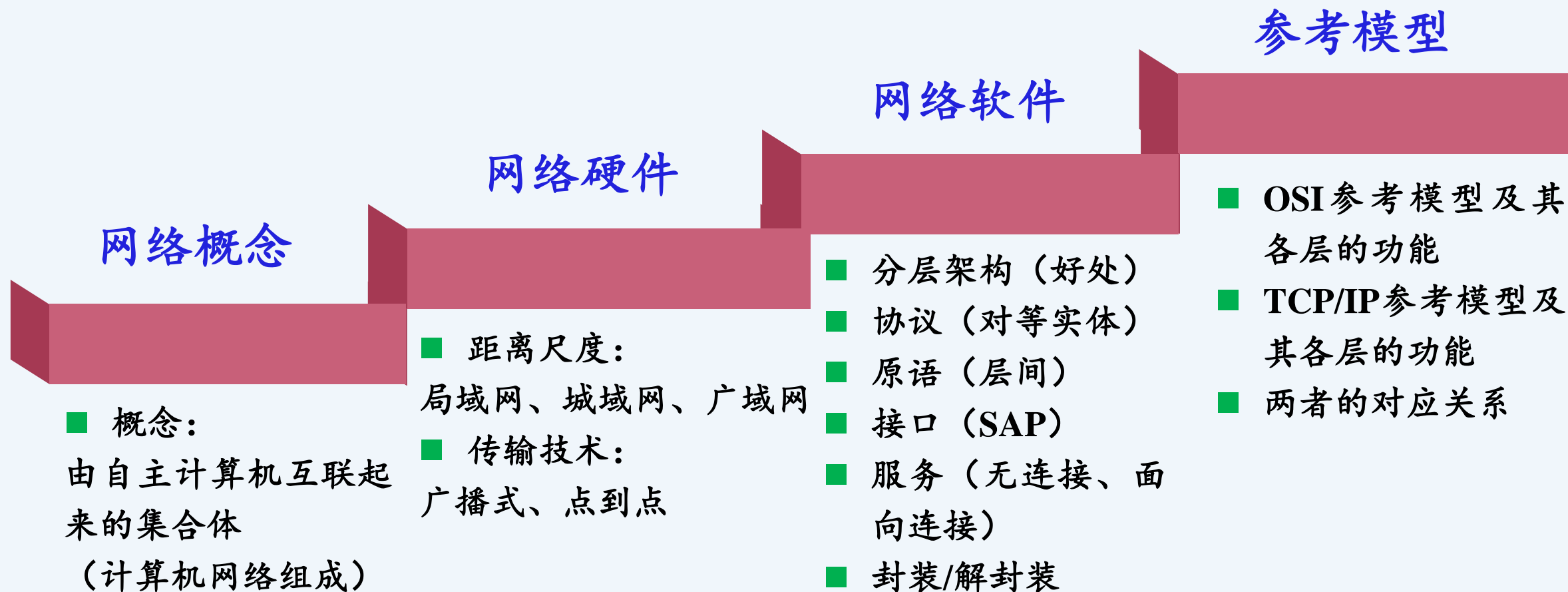
卞佳丽

CHAPTER 1: INTRODUCTION

1. CONCEPT OF NETWORK
2. NETWORK HARDWARE
3. NETWORK SOFTWARE
4. REFERENCE MODELS
5. EXAMPLE NETWORKS
6. NETWORK STANDARDIZATION



第一章 核心知识点



作业

网络与分时系统：1

网络服务参数：2、3、4、5、35

信道冲突理解：9

服务类型：11、12

重传次数：15

确认方式的理解：22

参考模型：10、16、17、18、20、30、35



CHAPTER 2: THE PHYSICAL LAYER

1. THE THEORETICAL BASIS FOR DATA COMMUNICATION

- 1) 数据通信模型
- 2) 性能指标和傅立叶分析
- 3) 传输技术
- 4) 调制解调技术
- 5) 编码解码技术
- 6) 信道的复用技术

2. TRANSMISSION MEDIUM



第二章 核心知识点

■ Concepts

- ✓ 物理层的功能
- ✓ 数据通信模型：信源、信宿、信道（数字信道、模拟信道）
- ✓ Data vs. Signal（周期信号、非周期信号）
- ✓ Analog vs. Digital

■ 性能指标

- ✓ Baud rate vs. Bit rate
- ✓ Bandwidth（Hz，信息传输速率）
- ✓ Delay（Transmission delay vs. Propagation delay）
- ✓ 时延带宽积

■ Nyquist theorem and Shannon theorem（带宽与最大数据率的关系）

- ✓ 无噪声信道

$$bit\ rate = 2 \times bandwidth \times \log_2 V$$

- ✓ 有噪声信道

$$Capacity = bandwidth \times \log_2 \left(1 + \frac{signal_power}{noise_power} \right)$$

$$S/N_{db} = 10 \log_{10} \underline{S/N}$$

第二章 核心知识点 (续1)

■ 传输技术

- ✓ Transmission media: 双绞线、同轴电缆、光纤、电力线的特性及应用场合
- ✓ 单工、半双工、全双工
- ✓ 同步与异步传输

■ 调制技术

- ✓ 调制: 数字数据在模拟信道上传输采用的方法
- ✓ 调制方法: ASK、FSK、PSK、QAM (正交振幅调制-多种幅度和多种相位)

■ 编码技术

- ✓ 数字信号编码方法: NRZ-L、NRZ-I、Manchester、Differential Manchester
- ✓ 模拟数据→数字信号: 抽样(采样)、量化、编码(线性、对数)—— PCM

■ 复用技术: FDM、WDM、TDM、CDMA

- ✓ CDMA: 每个站点有唯一的、互相正交的码片序列(每个比特时间被分成 m 个时间间隔, 这个时间间隔称为码片, 通常 m 为64或128)。发送站点用自己的码片序列 S 发送(若要发送比特1, 站点就发送分配给它的码片序列; 若要发送比特0, 站点就发送其码片序列的反码)。接收站点计算 $S \cdot C$, 分离出要收的信号。

第二章 核心知识点 (续2)

■ 传输媒介

- ◆ **有线**：双绞线、同轴电缆、光纤、电力线的特性及应用场合
- ◆ 通过电话网接入Internet
 - ✓ 拨号方式：低速（56kbps），1条信道
 - ✓ ADSL: FDM, nMbps, 非对称通信
- ◆ 通过有线电视网接入Internet
 - ✓ 线缆modem: FDM, nMbps, 非对称通信
- ◆ **无线**：无线电、微波和卫星等

作业

奈奎斯特和香农定理：2、3、4、8

调制、复用及编码：21、24、25、26

综合：28

网络拓扑：35

电路交换与分组交换：36、37

复用（CDMA）：44



CHAPTER 3: THE DATA LINK LAYER

1. POSITION,FUNCTIONS & SERVICES OF DATA LINK LAYER
2. FRAMING
3. ERROR DETECTION AND CORRECTION
4. ELEMENTARY DATA LINK PROTOCOLS
5. SLIDING WINDOW PROTOCOLS
6. EXAMPLE DATA LINK PROTOCOLS



第三章 核心知识点（数据链路层功能与服务）

- 数据链路层的功能：相邻节点间（点到点）可靠地传输数据帧
- 实现可靠传输的功能
 - ◆ 差错控制：检测差错、纠正差错
 - ◆ 流量控制：防止发送方速度过快使接收方来不及接收而丢失数据
 - ◆ 介质访问控制(MAC)：解决共享信道时多个站点同时发送数据导致的冲突
- 向网络层提供的服务：取决于数据链路层和物理层
 - ◆ 无确认的无连接服务：Ethernet
 - ◆ 带确认的无连接服务：Wifi
 - ◆ 面向连接服务：ATM

第三章 核心知识点（成帧）

■ 成帧方法

◆ 字符计数法（Character count）：

前面加一个帧长度字段（不实用）

◆ 字节(字符)填充法（Flag Bytes with Byte Stuffing）：

前面加一个帧首标志字符，后面加一个帧尾标志字符，字节填充（明确转义字符的作用和如何添加）。

◆ 比特(位)填充法（Flag Bits With Bit Stuffing）：

用0111 1110标记帧头和帧尾，比特填充（在帧中连续五个1之后添加一个0）。

◆ 物理层编码违例法（Physical Layer Coding Violations）

使用曼彻斯特编码中的非法编码标记帧的开始和结束，自然解决透明传输，无需填充。

第三章 核心知识点（差错控制）

■ 差错控制技术

用于检测物理层的传输误码（差错）并进行纠正，包括：纠错码和检错码。

■ 检错：（先检错，通过重传来纠错）

◆ **检错码**：指在发送端在发送的信息中采用相关算法加上有限的冗余信息，使接收端仅可判断接收的信息有误码。

◆ **检测方法**：奇偶校验、**循环冗余校验码（CRC）**、校验和（网络层）

■ 纠错：（直接纠错）

◆ **纠错码**：指在发送端在发送的信息中采用相关算法加上足够多的冗余信息，使接收端不仅可以判断接收的信息有误码，还可纠正出现的错误。

◆ **纠错方法**：纠正单比特差错的海明（汉明）码

■ **纠错和检错能力与海明距离有关**：若码表的汉明距离为 $e+1$ ，则可检查出 e 比特的错误，汉明距离为 $2t+1$ ，则可纠正 t 比特的错误。

第三章 核心知识点 (流量控制)

- Protocol 1: 理想信道, 无流量控制, 无差错控制
- Protocol 2: 无差错控制, 有流量控制 (stop and wait)
 - ◆ ACK from receiver
- Protocol 3: 有差错控制, 有流量控制
 - ◆ Using Timer and 1-bit Sequence Number
- Protocol 4, 1-bit sliding window (Stop-and-Wait)
 - ◆ full duplex, Piggybacking
- Protocol 5, Go Back N sliding window
 - ◆ Sender window size>1, Receiver window size=1
 - ◆ For m-bit SN, $WT \leq 2^m - 1$
- Protocol 6, Selective Repeat sliding window
 - ◆ Sender window size>1, Receiver window size>1
 - ◆ For m-bit SN, usually $WT = WR = 2^{m-1}$
 - ◆ ACK Timer and NAK

第三章 核心知识点 (协议性能)

■ 滑动窗口协议的效率与发送窗口的大小有关

若数据帧发送时间为 T_f ，两站间的传播时间为 T_d ，设发送窗口的大小为 W_s ， $a=T_d/T_f$ ，则信道利用率为：

$$U=100\%, W_s \geq 1+2a$$

$$U=W_s/(1+2a), W_s < 1+2a$$

采用捎带应答时，信道利用率为：

$$U=100\%, W_s \geq 2+2a$$

$$U=W_s/(2+2a), W_s < 2+2a$$

补充作业 (1)

- 补充题1：50kbps的卫星信道，往返时延为500ms，帧长为1000bit，使用SR（选择重传）协议，若使效率达到50%，序号的比特数至少是多少？

因题目中没有强调使用忽略发送时间的ACK帧来确认，假定为捎带确认。

$$a = T_d / T_f = 250 / (1000 / 50) = 12.5$$

$$W_s / (2 + 2a) = 50\%, \text{ 可求出 } W_s = 14$$

$$W_s \leq 2^{m-1}, \text{ 可求出 } m = 5$$

- 补充题2：数据链路层采用GBN协议，发送方已经发送了编号为0-7的帧，当计时器超时，若发送方只收到0、4、5号帧的确认，则发送方需要重发的帧数是多少？

对5号帧的确认说明5号帧及以前的帧全部正确接收，因此发送方需要重发未确认的6号和7号帧，即需要重发的帧数是2。

补充作业 (2)

■ 补充题3：两台计算机的数据链路层协议实体采取滑动窗口机制，利用16kbps的卫星信道传输长度为128字节的数据帧，信道传播时延为270ms。

- (1) 计算使用停等协议的信道利用率；
- (2) 计算使用发送窗口为7的GBN协议的信道利用率；
- (3) 计算使用发送窗口为15的GBN协议的信道利用率；
- (4) 为使信道利用率达到最高，使用GBN协议时序号的比特数最少为多少位？

因题目中没有强调使用忽略发送时间的ACK帧来确认，假定为捎带确认。

$$a = 270 / (128 \times 8 / 16) \approx 4.2, \quad 2 + 2a = 10.4$$

- 1) 停等协议 $U = 1 / (2 + 2a) = 1 / 10.4 \approx 9.6\%$
- 2) 发送窗口为7的GBN: $U = 7 / (2 + 2a) = 7 / 10.4 \approx 67.3\%$
- 3) 发送窗口为15的GBN: 因为 $15 > 10.4$ ，信道利用率为1
- 4) $W_s = 2^m - 1 \geq 10.4$ ，可求出 $m \geq 4$

■ 补充题4：计算出校验位为111

作业

- 习题33：在PPP帧中承载IP数据包的最小开销是多少？只计算PPP本身的开销，不考虑IP包头。最大开销是多少？

Bytes	1	1	1	1 or 2	Variable	2 or 4	1
	Flag 01111110	Address 11111111	Control 00000011	Protocol	Payload	Checksum	Flag 01111110

最小开销：无地址、控制字段，协议字段1B，校验和字段2B，一共5字节

最大开销：10字节

CHAPTER 4: THE MEDIUM ACCESS CONTROL SUBLAYER

1. CHANNEL ALLOCATION PROBLEM
2. MULTIPLE ACCESS PROTOCOLS
3. ETHERNET
4. WIRELESS LANS
5. DATA LINK LAYER SWITCHING



第四章 核心知识点（基本概念）

■ MAC地址：

MAC也称物理地址或以太网地址，是局域网设备的唯一标识，由6个16进制数表示，例如00:41:43:00:80:0c。特殊的MAC地址FF:FF:FF:FF:FF，该地址是广播地址，向网内所有站点发送数据时使用该地址作为目的地址。

■ 共享信道的性能：

共享信道的性能主要包括两个指标：轻负载情况下的响应时间和重负载下的吞吐量。

■ 隐蔽站和暴露站

■ 冲突域（碰撞域）：

两个站点不能同时发送数据，则这两个站点属于一个冲突域。连接在一个集线器的所有站点属于一个冲突域。

■ 广播域：

站点发送广播帧时，收到该帧的站点与其处在同一个广播域。连接在一个交换机或集线器的所有站点同处一个广播域。

第四章 核心知识点（信道共享算法）

- 静态信道分配算法：如PCM
- 动态信道分配算法（受控多路访问控制）：
轮询、令牌
- 动态信道分配算法（随机多路访问控制）：
ALOHA、S-ALOHA、CSMA、CSMA/CD、CSMA/CA
- 无冲突协议：令牌传递
- 有限竞争协议：
重负载时采用无冲突方法，而轻负载时采用竞争方式

第四章 核心知识点（局域网）

■ 802.3 10M以太网

传输介质、拓扑结构、最大帧长、二进制指数退避算法

■ 100M以太网：

传输介质、半双工和全双工工作方式

■ G比特以太网：

传输介质、扩大网络规模的方法

■ 10G比特以太网

传输介质、应用环境

■ 无线局域网802.11（与有线局域网的不同）

第四章 核心知识点（互联设备）

■ 互联设备（作用、不同）

中继器、Hub、网桥、交换机、路由器、网关

■ 网桥的工作原理：

- ◆ 转发（站表）

- ◆ 透明网桥（逆向学习+扩散算法）

- ◆ 断环（生成树算法）

■ VLAN：基本原理