

第3章 物理层

3.1 通信基础

3.1.1 信道、信号、带宽、码元、波特、速率、信源与信宿等基本概念

例 3.1

以下关于物理层服务功能的描述中,错误的是_____。

- A. 物理层向数据链路层提供比特流传输服务
- B. 物理层功能包括物理连接的建立、维护与释放
- C. 设置物理层可屏蔽传输介质、设备等的差异性
- D. 数据传输的可靠性主要靠物理层来保证

分析

设计本例的目的是加深考生对物理层功能的理解。在讨论物理层的功能时,需要注意以下几个主要问题:

- (1) 物理层处于 OSI 参考模型的底层,它向数据链路层提供比特流传输服务。数据链路层通过接口将数据传送给物理层,物理层按传输介质的需要对比特流进行编码,并将信号通过传输介质传输到下一个结点。因此,A 对物理层与上层关系的描述是正确的。
- (2) 根据物理层为上层提供的服务,物理层的功能主要包括比特流的编码与传输以及物理连接的建立、维护与释放。因此,B 对物理层功能的描述是正确的。
- (3) 计算机网络使用的传输介质与设备种类多,各种通信技术存在很大的差异,

并且各种新的通信技术在快速发展。设置物理层的主要目的是：使数据链路层仅需考虑本层的服务与协议，而无须考虑具体使用的传输技术。因此，C 对物理层用途的描述是正确的。

(4) 物理层负责向数据链路层提供比特流传输服务，对比特流传输的可靠性可采取一定的保障措施，但是比特流传输的可靠性主要靠数据链路层、网络层与传输层协作实现。因此，D 对传输可靠性的描述是错误的。

 **答案** D。



例 3.2 以下关于信息、数据与信号的描述中，错误的是_____。

- A. 通信的目的是交换信息，信息载体可以是文本、语音或图像
- B. 计算机将文字、语音或图像用二进制代码来表示
- C. ASCII 码是一种信息交换编码标准，不包括通信控制字符
- D. 计算机网络中传输的是表示二进制代码的电信号

 **分析** 设计本例的目的是加深考生对信息、数据与信号概念的理解。在讨论信息、数据与信号的概念时，需要注意以下几个主要问题：

(1) 在数据通信技术中，信息、数据与信号是 3 个重要概念。通信目的是交换信息，信息载体可以是文本、语音或图像。因此，A 对信息概念的描述是正确的。

(2) 计算机产生的信息是文本、语音或图像的组合。为了传输这些信息，首先将这些信息用二进制代码来表示。因此，B 对信息表示的描述是正确的。

(3) 数据通信是指在计算机之间传输表示文本、语音或图像的二进制比特序列的电信号。电信号可以是模拟的或数字的。因此，D 对信号表示的描述是正确的。

(4) ASCII 码是信息交换编码的美国国家标准，后来被 ISO 采纳为国际标准 ISO 646，又称为国际 5 号码。ASCII 码采用 7 位二进制编码，可表示 128 个字符。字符分为两类：图形字符与控制字符，图形字符包括数字、字母、运算符和标点符号等，控制字符用于协调通信双方的动作。因此，C 对 ASCII 码的描述是错误的。

 **答案** C。



例 3.3 以下关于信号概念的描述中，错误的是_____。

- A. 物理层根据传输介质与设备来确定数据传输方式
- B. 信号是数据在传输过程中的电信号表示形式
- C. 电平幅度连续变化的电信号称为模拟信号
- D. 模拟信号不能用于传输二进制比特序列

 **分析** 设计本例的目的是加深考生对信号概念的理解。在讨论信号的概念时，需要注意以下几个主要问题：

(1) 计算机关心的是信息用怎样的数据编码表示。例如,如何用 ASCII 码表示字母、数字与符号,如何用双字节表示汉字,如何表示语音与图像。在数据通信技术中,要研究如何将表示各类信息的二进制比特序列通过传输介质传输的问题。

(2) 物理层需要根据使用的传输介质与传输设备,确定采用哪种信号编码方式来传输表示数据的二进制比特序列。因此,A 对数据传输方式的描述是正确的。

(3) 信号是数据在传输过程中的电信号表示形式。在传输介质上传输的信号分为两种类型:模拟信号与数字信号。因此,B 对信号的描述是正确的。

(4) 电平幅度连续变化的电信号称为模拟信号。在传统的电话线路上传输的电信号是模拟信号。计算机产生的电信号是用两种不同电平表示 0、1 比特序列的电压脉冲信号,这种信号称为数字信号。因此,C 对模拟信号的描述是正确的。

(5) 在采用频移键控、幅移键控等调制方法之后,模拟信号可以用于传输二进制比特序列。因此,D 对模拟信号用途的描述是错误的。

 答案

D。



以下关于数据传输速率的描述中,错误的是_____。

A. 数据传输速率在数值上等于每秒传输构成数据的二进制比特数

B. 数据传输速率的单位为 b/s

C. 如果发送 1b 数据需要 0.104ms,则数据传输速率约为 9600b/s

D. $1\text{kb/s} = 1024\text{b/s}$

 分析

设计本例的目的是加深考生对数据传输速率概念的理解。在讨论数据传输速率的概念时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 数据传输速率是描述数据传输系统的重要技术指标之一。数据传输速率在数值上等于每秒传输构成数据的二进制比特数。这里,1 比特二进制数又称为 1 个码元。因此,A 对数据传输速率定义的描述是正确的。

(2) 数据传输速率的单位为比特/秒(b/s)。因此,B 对数据传输速率单位的描述是正确的。

(3) 数据传输速率有不同表示方式: kb/s、Mb/s 与 Gb/s。这里, $1\text{kb/s} = 1 \times 10^3\text{b/s}$, $1\text{Mb/s} = 1 \times 10^6\text{b/s}$, $1\text{Gb/s} = 1 \times 10^9\text{b/s}$ 。这里的 k 表示 1000,而不是 1024。因此,D 对数据传输速率换算的描述是错误的。

(4) 对于二进制数据,数据传输速率为 $S = 1/T$,其中,T 为发送每个比特所需的时间。这里, $S = 1/(0.104 \times 10^{-3}) \approx 9600\text{b/s}$ 。因此,C 对数据传输速率的计算是正确的。

 答案

D。

例 3.5

以下关于波特率与比特率关系的描述中,错误的是_____。

- A. 调制速率是一个使用调制解调器进行数据通信的概念
- B. 调制速率称为波特率,单位是 1/s
- C. 数据传输速率称为比特率,比特率 S 与波特率 B 的关系为 $S = B \log_2 k$
- D. 调制速率为 1200baud,多相调制的相数 $k=8$,那么数据传输速率为 9600b/s

分析

设计本例的目的是加深考生对波特率概念的理解。在讨论波特率的概念时,需要注意以下几个主要问题:

- (1) 早期在模拟线路上使用调制解调器进行数据通信时,曾经使用过调制速率与波特率的概念。因此,A 对调制速率的描述是正确的。
- (2) 调制速率描述了在模拟线路上传输数据的过程中调制解调器输出的调制信号每秒载波调制状态改变值,单位是 1/s(称为波特)。调制速率又称为波特率。因此,B 对波特率的描述是正确的。
- (3) 数据传输速率描述了计算机通信中每秒传送的二进制比特数,单位是 b/s。数据传输速率又称为比特率。比特率 S 与调制速率 B 之间关系可表示为 $S = B \log_2 k$, k 为多相调制的相数。 $\log_2 k$ 值表示一次调制状态变化所传输的二进制比特数。因此,C 对波特率与比特率的关系的描述是正确的。
- (4) 表 3-1 给出了多相调制的波特率与比特率的关系。已知调制速率为 1200baud,多相调制的相数 $k=8$,则 $S = 1200 \times \log_2 8 = 3600$ 。它表示调制解调器的相位状态每变化一次可传输 3 比特的二进制数。因此,D 对数据传输速率计算的描述是错误的。

表 3-1 多相调制的波特率与比特率的关系

调制速率/baud	多相调制的相数	$\log_2 k$ 值	数据传输速率/(b/s)
1200	二相调制($k=2$)	1	1200
1200	四相调制($k=4$)	2	2400
1200	八相调制($k=8$)	3	3600
1200	十六相调制($k=16$)	4	4800

答案

D。

例 3.6

以下关于同步技术的描述中,错误的是_____。

- A. 同步是指要求通信的收发双方在时间基准上保持一致
- B. 数据通信的同步包括位同步与字符同步
- C. 外同步法是指发送端在发送一路数据信号的同时另外发送一路控制字符 SOH
- D. 内同步法是从自含时钟编码的数据中提取同步时钟的方法

 分析

设计本例的目的是加深考生对数据通信同步的理解。在讨论数据通信的同步时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 同步是指要求通信双方在时间基准上保持一致。在数据通信中,如果通信双方不能同步,会造成通信质量下降,甚至会造成系统不能工作。因此,A对数据通信同步的描述是正确的。

(2) 数据通信的同步分为两种类型:位同步与字符同步。位同步是保证通信双方时钟同步的过程,字符同步是保证通信双方正确传输字符的过程。因此,B对同步技术分类的描述是正确的。

(3) 位同步的实现方法主要包括外同步法与内同步法。其中,外同步法是发送端在发送一路数据信号的同时,另外发送一路同步时钟信号,接收端根据收到的时钟信号校正自己的时钟。因此,C对外同步法的描述是错误的。

(4) 内同步法是从自含时钟编码的发送数据中提取同步时钟的方法。例如,曼彻斯特编码与差分曼彻斯特编码都属于自含时钟编码方法。因此,D对内同步法的描述是正确的。

(5) 字符同步的实现方法主要包括同步式与异步式。其中,同步式将字符以组为单位连续传输,每组字符之前加一个或多个同步字符 SYN。异步式将每个字符独立传输,在每个字符第一位前加一个起始位,最后一位后加一个或两个终止位。

 答案

C。

 例 3.7

以下关于同步、异步与准同步概念的描述中,错误的是_____。

- A. 同步是保持接收时钟与发送时钟一致性的过程
- B. 一组同步信号的所有时钟偏差必须在规定范围内
- C. 精度在 1×10^{-11} 内的时钟精度只能通过铯原子钟获得
- D. 时钟分别从各自的石英振荡器获得的是准同步系统

 分析

设计本例的目的是加深考生对同步、异步与准同步概念的理解。在讨论同步、异步与准同步的概念时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 同步是保持接收时钟与发送时钟一致的过程,它是网络通信中的一个重要概念。因此,A对同步概念的描述是正确的。

(2) 如果一组信号为同步信号,则意味着信号之间的速率和相位必须相同。即使信号之间的速率或相位存在偏差,偏差也必须在规定的范围内。这种系统一般称为同步系统。因此,B对同步信号的描述是正确的。

(3) 在同步系统中,所有时钟的精度必须保持在 $\pm 1 \times 10^{-11}$ 内,这样的精度只能通过铯原子钟获得。因此,C对同步系统时钟的描述是正确的。

(4) 如果一组信号为准同步信号,则信号之间的速率和相位基本相同。所有时钟可通过参考时钟(PRC)获得,这种系统称为准同步系统;如果一组信

号为异步信号,则信号之间的速率和相位有较大差异。所有时钟可通过各自的石英振荡器获得,这种系统称为异步系统。因此,D对准同步的描述是错误的。

 答案

D。



例 3.8

以下关于基本速率标准的描述中,错误的是_____。

- A. T1 载波速率是常见的速率标准之一
- B. T1 载波速率为 1.544Mb/s
- C. E1 载波速率为 2.048Mb/s
- D. STM-1 速率为 51.84Mb/s

 分析

设计本例的目的是加深考生对基本速率标准的理解。在讨论基本速率标准时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 有关数据通信曾经出现过多种速率标准,有些标准目前仍然在使用中。这些速率标准主要包括北美的 T1 载波速率、欧洲的 E1 载波速率、SDH 速率等。因此,A对基本速率标准的描述是正确的。

(2) T1 载波速率是针对脉冲编码调制(PCM)的时分多路复用(TDM)而设计的。T1 系统将 24 路音频信号复用在一条通信线路上。每路音频信号的 PCM 编码器每秒取样 8000 次。24 路 PCM 信号轮流将 8b 插入帧中。那么,每帧由 $24 \times 8 = 192\text{b}$ 组成,附加 1b 作为帧开始标志位,每帧共有 193b。发送一个帧需要的时间为 $125\mu\text{s}$ 。T1 载波的数据传输速率为 $T1 = (24 \times 8 + 1)/125 \times 10^6 = 1.544\text{Mb/s}$ 。因此,B对T1载波速率的描述是正确的。

(3) 由于历史原因,与 T1 载波速率同时存在的还有不兼容的欧洲的 E1 载波速率。E1 载波速率是 CCITT 标准,该标准将 30 路音频信号和 2 路控制信号复用在一条通信线路上。在一帧中为每个信道插入 8b,这样每帧共有 256b。发送一帧的时间为 $125\mu\text{s}$ 。E1 载波的数据传输速率为 $E1 = 32 \times 8/125 \times 10^6 = 2.048\text{Mb/s}$ 。因此,C对E1载波速率的描述是正确的。

(4) 同步数字体系(SDH)是在同步光纤网(SONET)的基础上制定的速率标准。SDH 主要涉及 3 种速率标准。其中,OC 是光纤上传输的光信号速率标准,STS 是数字电路接口的电信号速率标准,STM 是电话主干线路的数字信号速率标准。STS-1 复用 810 路语音信号,该级速率为 $810 \times 64 \times 10^3 = 51.84\text{Mb/s}$ 。表 3-2 给出了 SDH 速率体系 3 种速率标准的对应关系。因此,D对STM-1速率的描述是错误的。

表 3-2 SDH 速率体系 3 种速率标准的对应关系

传输速率/(Mb/s)	OC 级	STS 级	STM 级
51.84	OC-1	STS-1	
155.52	OC-3	STS-3	STM-1
466.56	OC-9	STS-9	
622.08	OC-12	STS-12	STM-4
933.12	OC-18	STS-18	
1244.16	OC-24	STS-24	STM-8
1866.24	OC-36	STS-36	STM-12
2483.32	OC-48	STS-48	STM-16
9953.28	OC-192	STS-192	STM-64

 **答案** D。

例 3.9

以下关于信源与信宿的描述中,错误的是_____。

- A. 在数据通信术语中,发送方称为信源,接收方称为信宿
- B. 数据通信系统由发送设备、通信线路、接收设备组成
- C. 发送设备包括数据信号编码器与数据发送设备
- D. 通过模拟通信系统传输数字信号时,只能采用差分曼彻斯特编码器

 分析

设计本例的目的是加深考生对通信系统概念的理解。在讨论通信系统的概念时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 图 3-1 给出了数据通信系统的基本结构。这里以曼彻斯特编码来传输数字数据信号为例。

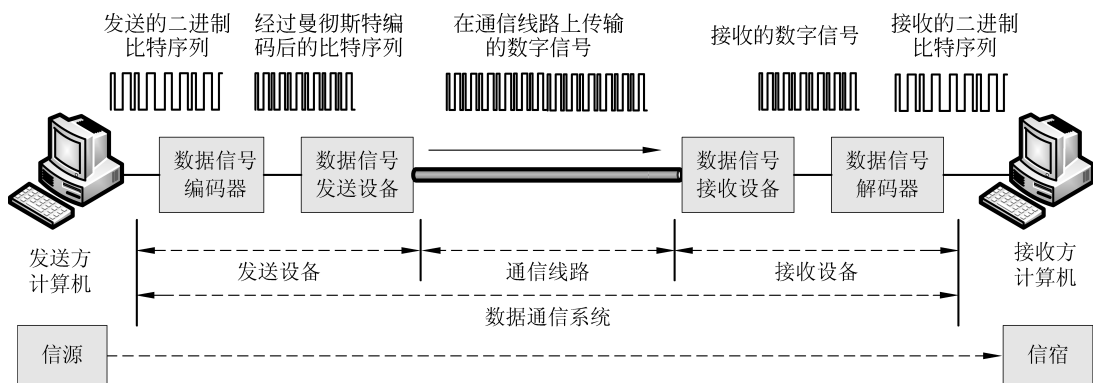


图 3-1 数据通信系统的基本结构

(2) 在通信系统中,发送方通常称为信源,接收方通常称为信宿。因此,A 对信

源与信宿的描述是正确的。

(3) 通信系统是由发送设备、接收设备与通信线路组成的。因此,B 对数据通信系统组成的描述是正确的。

(4) 发送设备包括数据信号编码器与数据发送设备,接收设备包括数据信号解码器与数据接收设备。因此,C 对发送设备组成的描述是正确的。

(5) 数据信号编码器主要分为以下几种:

- 在通过模拟通信系统传输数字数据时,发送方需要将计算机产生的数字数据信号转换成模拟数据信号,这个过程称为调制;接收方需要将接收的模拟数据信号还原成数字数据信号,这个过程称为解调。
- 在通过数字通信系统传输模拟语音信号时,发送方需要将模拟语音信号转换成数字语音信号,这个过程称为脉冲编码调制;接收方需要将数字语音信号还原成模拟语音信号,这个过程称为脉冲编码解调。
- 计算机产生的二进制比特序列不适合数字通信系统传输,发送方需要经过曼彻斯特编码器或差分曼彻斯特编码器进行编码,接收方需要经过曼彻斯特解码器或差分曼彻斯特解码器进行解码。因此,D 对模拟通信系统传输数字信号的描述是错误的。

 **答案** D。

3.1.2 奈奎斯特定理与香农定理



以下关于信道速率的描述中,错误的是_____。

- 奈奎斯特定理描述了无噪声状态下的带宽与速率的关系
- 奈奎斯特定理表示最大传输速率在数值上是信道带宽的 2 倍
- 香农定理描述了有随机热噪声状态下的带宽与速率的关系
- $S/N=30\text{dB}$ 表示信道上的信号功率是噪声功率的 30 倍

 **分析** 设计本例的目的是加深考生对信道速率概念的理解。在讨论信道速率的概念时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 奈奎斯特(Nyquist)定理与香农(Shannon)定理从定量的角度描述了带宽与速率的关系。

(2) 奈奎斯特定理描述了无噪声状态下的带宽与速率的关系。因此,A 对奈奎斯特定理的描述是正确的。

(3) 根据奈奎斯特定理,最大数据传输速率 $R_{\max}$ (单位为 b/s) 与理想信道带宽 B (单位为 Hz) 的关系为 $R_{\max}=2B$ 。因此,B 对奈奎斯特公式的描述是正确的。

(4) 香农定理描述了有随机热噪声状态下的带宽与速率的关系。因此,C 对香农定理的描述是正确的。

(5) 根据香农定理,最大数据传输速率 $R_{\max}$ (单位为 b/s) 与信道带宽 B (单位为 Hz)、信噪比 S/N 的关系为 $R_{\max} = B \log_2(1 + S/N)$ 。在香农定理中,信噪比通常以分贝(dB)表示。如果信噪比 S/N 为 1000,则换算成分贝的公式为 $10 \lg(S/N)$,则该信道的信噪比用分贝表示为 30dB。因此,D 对香农公式的描述是错误的。



答案 D。

例 3.11

已知信噪比用分贝表示为 30dB,带宽 $B=3000\text{Hz}$,请根据香农定理计算有限带宽、有热噪声信道的最大传输速率 $R_{\max}$ 。



分析

设计本例的目的是加深考生对香农定理的理解。在讨论香农定理的计算公式时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 香农定理指出:在有随机热噪声的信道上传输数据信号时,最大数据传输速率 $R_{\max}$ 与信道带宽 B 、信噪比 S/N 的关系为 $R_{\max} = B \log_2(1 + S/N)$ 。其中, $R_{\max}$ 的单位为 b/s, B 的单位为 Hz。

(2) 已知信噪比用分贝表示的值,根据换算公式,可计算出信噪比 S/N 的值。

(3) 香农定理给出了一个有限带宽、有热噪声信道的最大传输速率极限值。由于最大传输速率与信道带宽之间存在明确的关系,因此可以用带宽来代替速率。例如,通常将网络的“高传输速率”用“高带宽”去表述。

本例计算如下:

(1) 已知信噪比用分贝表示的值为 30dB,根据换算公式, $30 = 10 \lg(S/N)$,可计算出信噪比 $S/N = 1000$ 。

(2) 已知 $B = 3000\text{Hz}$,根据香农定理的计算公式 $R_{\max} = B \log_2(1 + S/N)$,即 $R_{\max} = 3000 \log_2(1 + 1000)$,可计算出最大传输速率 $R_{\max} \approx 3 \times 10^6 \text{b/s}$ 。



答案 最大传输速率 $R_{\max}$ 约为 3Mb/s。

3.1.3 编码与调制

例 3.12

以下关于电信号特点的描述中,错误的是_____。

- A. 电信号可分为两类:模拟信号与数字信号
- B. 通信系统可分为两类:模拟通信系统与数字通信系统
- C. 数字信号经过 PCM 之后才能通过模拟通信系统传输
- D. 数字信号经过数字信号编码器之后才能通过数字通信系统传输



分析

设计本例的目的是加深考生对电信号特点的理解。在讨论电信号的特点时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 根据信号电平的特征,电信号可以分为两类:模拟信号与数字信号。模拟信号是电平连续变化的信号,例如传统的电话交换网传输的语音信号;数字信号是电平取不连续值的信号,计算机内部使用的以高、低电平分别表示数据 0、1 的信号就是典型的数字信号。因此,A 对电信号分类的描述是正确的。

(2) 根据传输信号的类型,通信系统可以分为两类:模拟通信系统与数字通信系统。模拟通信系统能够传输电平连续变化的模拟信号,数字通信系统能够传输电平不连续变化的数字信号。因此,B 对通信系统分类的描述是正确的。

(3) 图 3-2 给出了信号类型与通信系统之间的关系。对于两种信号与两种通信系统,存在 4 种可能的组合:

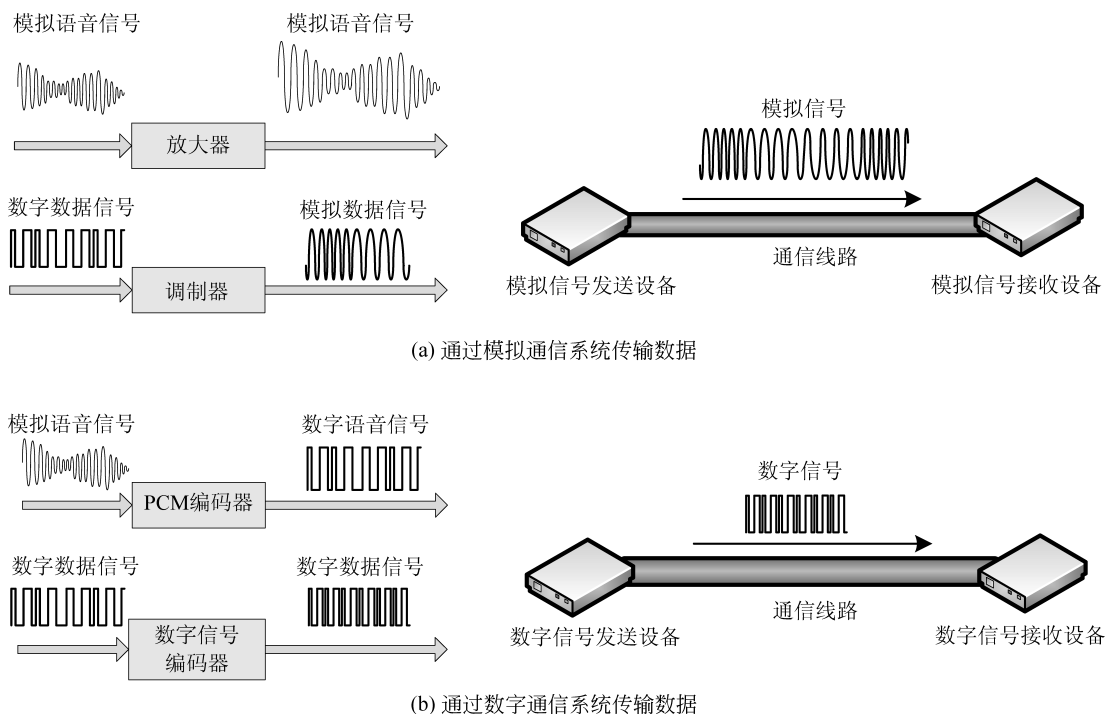


图 3-2 信号类型与通信系统之间的关系

- 模拟信号通过模拟通信系统传输。人的语音信号是典型的模拟信号。人的模拟语音信号直接通过放大器之后,可直接使用模拟信号发送设备通过模拟通信线路传输。
- 数字信号通过模拟通信系统传输。计算机产生的数字信号经过调制器调制之后,转换成 ASK、FSK 或 PSK 形式的模拟信号,才能够使用模拟信号发送设备通过模拟通信线路传输。
- 模拟信号通过数字通信系统传输。人的语音信号经过脉冲编码调制(PCM)之后,转换成数字语音信号,才能够使用数字信号发送设备通过数字通信线路传输。因此,C 对数字信号通过模拟通信系统传输的描述是错误的。

- 数字信号通过数字通信系统传输。计算机产生的数字信号经过数字信号编码器(例如曼彻斯特编码器等)之后,才能够使用数字信号发送设备通过数字通信线路传输。因此,D对数字信号通过数字通信系统传输的描述是正确的。



答案 C。



例 3.13

以下关于模拟数据编码方法的描述中,错误的是_____。

- A. 具备调制与解调功能的设备称为调制解调器
- B. 频移键控通过改变载波信号角频率表示数字信号 1、0
- C. 相对调相通过载波信号相位绝对值表示数字信号 1、0
- D. 八相调制的每个码元表示 4b 的数据



分析

设计本例的目的是加深考生对模拟数据编码方法的理解。在讨论模拟数据编码方法时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 电话信道是典型的模拟通信信道,它是世界上覆盖面最广的通信信道。传统的电话信道是为传输语音信号而设计的,仅适于传输音频范围(300~3400Hz)的模拟信号,无法直接传输计算机产生的数字信号。为了利用电话交换网传输计算机的数字信号,首先需要将数字信号转换成模拟信号。

(2) 发送方将数字信号转换成模拟信号的过程称为调制,具备调制功能的设备称为调制器;接收方将模拟信号还原成数字信号的过程称为解调,具备解调功能的设备称为解调器。具备调制与解调功能的设备称为调制解调器。因此,A对调制解调器的描述是正确的。

(3) 模拟数据编码方法主要有3种:幅移键控、频移键控与相移键控。其中,幅移键控(ASK)通过改变载波信号振幅表示数字信号 1、0。ASK 信号实现容易,技术简单,但是抗干扰能力较差。

(4) 频移键控(FSK)通过改变载波信号角频率表示数字信号 1、0。FSK 信号实现容易,技术简单,抗干扰能力较强,是目前最常用的调制方法之一。因此,B对频移键控的描述是正确的。

(5) 相移键控(PSK)通过改变载波信号的相位值来表示数字信号 1、0。采用相位偏移的绝对值表示数字信号 1、0 编码方法称为绝对调相,采用相位偏移的相对值表示数字信号 1、0 编码方法称为相对调相。因此,C对相对调相的描述是正确的。

(6) 多相调制可以将数字信号按不同比特数成组表示。按两比特一组的方式组织,每个码元可表示 4 比特的数据,称为四相调制;按三比特一组的方式组织,每个码元可表示 8 比特的数据,称为八相调制。因此,D对八相调制的描述是错误的。



答案 D。

例 3.14

以下关于数字数据编码方法的描述中,错误的是_____。

- A. 基带传输是基本不改变数字信号频带直接传输数字信号的方法
- B. 非归零码需要用另一个信道同时传送同步信号
- C. 曼彻斯特编码属于自含钟编码方法
- D. 差分曼彻斯特编码的时钟信号频率等于发送频率

分析

设计本例的目的是加深考生对数字数据编码方法的理解。在讨论数字数据编码方法时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 基带传输是基本不改变数字信号频带(即波形)直接传输数字信号的方法。因此,A对基带传输的描述是正确的。

(2) 数字信号编码方法主要有3种:非归零码、曼彻斯特编码与差分曼彻斯特编码。其中,非归零码(NRZ)用高、低电平分别表示数字信号1、0。为了保证通信双方的同步,必须在发送非归零码的同时,使用另一个信道发送同步信号。因此,B对非归零码的描述是正确的。

(3) 曼彻斯特编码的每比特的中间有一次电平跳变,两次电平跳变的时间间隔可以是 $T/2$ 或 T ,用电平跳变可产生收发双方的同步信号。第一个码元的起始 $T/2$ 取数据的反码。发送曼彻斯特编码信号时无须另发同步信号,它属于自含钟编码的数字信号。因此,C对曼彻斯特编码的描述是正确的。

(4) 差分曼彻斯特编码是对曼彻斯特编码的改进。差分曼彻斯特编码与曼彻斯特编码不同之处在于:当数字为1时,前者在两比特交接处不发生电平跳变;当数字为0时,前者在两比特交接处发生电平跳变。

(5) 曼彻斯特编码与差分曼彻斯特编码的缺点是:时钟信号频率是发送频率的2倍。因此,D对差分曼彻斯特编码的描述是错误的。

答案

D。

例 3.15

以下关于PCM编码方法的描述中,错误的是_____。

- A. PCM的典型应用是语音信号数字化
- B. PCM处理过程包括采样、量化与编码
- C. 采样频率应为信道允许通过的信号最高频率的2倍
- D. PCM采用7位二进制编码时,采样速率为8000样本/秒,数据传输速率为64kb/s

分析

设计本例的目的是加深考生对PCM编码方法的理解。在讨论PCM编码方法时,需要注意以下几个主要问题:

(1) PCM是模拟数据数字化的主要方法。PCM的典型应用是语音信号的数字化。语音以模拟信号形式通过电话线路传输。在网络中将语音与计算机产生的文本、图像等数据同时传输时,首先需要将语音信号数字化。发送方通过

PCM 编码器将语音信号转换为数字数据,通过通信线路传送到接收方,接收方通过 PCM 解码器将数字数据还原成语音信号。因此,A 对 PCM 应用的描述是正确的。

(2) PCM 处理过程包括 3 个步骤:采样、量化与编码。因此,B 对 PCM 处理过程的描述是正确的。

(3) 采样是每隔一定的时间间隔采集模拟信号的电平幅度值作为样本表示原信号。采样频率 f 应该为 $f \geq 2B$ 或 $f = 1/T \geq 2f_{\max}$ 。其中, B 为通信线路带宽, T 为采样周期, $f_{\max}$ 为信道允许通过信号的最高频率。因此,C 对 PCM 采样的描述是正确的。

(4) 量化是将样本幅度按量化级决定取值的过程。经过量化的样本幅度为离散的量级值,它已不是连续值。量化之前要将信号分为具体量化级,例如 8 级、16 级等,这是由量化精度要求确定的。另外,需要规定每级对应的幅度范围。

(5) 编码是用相应比特的二进制数表示量化后的样本量级。如果有 K 个量化级,则二进制位数为 $\log_2 K$ 。例如,量化级为 16,则二进制数为 4 位。

(6) PCM 用于语音数字化应用时,通常将声音分为 128 个量化级,采用 7 位二进制编码表示。如果采样速率为 8000 样本/秒,数据传输速率可达 $7 \times 8000 = 56\text{kb/s}$ 。因此,D 对 PCM 编码的描述是错误的。

 答案

D。



图 3-3 给出了一个 8b 的差分曼彻斯特编码信号波形,请写出该编码所对应的数据。

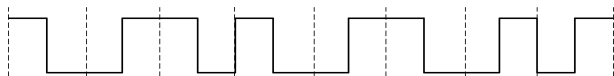


图 3-3 一个 8b 的差分曼彻斯特编码信号波形

 分析

设计本例的目的是加深考生对差分曼彻斯特编码的理解。在讨论差分曼彻斯特编码时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 差分曼彻斯特编码的基本规则。每比特的中间有一次电平跳变,两次电平跳变的时间间隔可以是 $T/2$ 或 T ;第一个码元的起始 $T/2$ 取数据的反码;当数字为 1 时,在两个比特交接处不发生电平跳变;当数字为 0 时,在两个比特交接处发生电平跳变。

(2) 具体到图 3-3 的编码信号波形:

- 第一个码元:前 $T/2$ 为高电平,表示数据为 0。
- 第二个码元:在两比特交接处没有发生电平跳变,表示数据为 1。
- 第三个码元:在两比特交接处没有发生电平跳变,表示数据为 1。
- 第四个码元:在两比特交接处发生电平跳变,表示数据为 0。

- 第五个码元：在两比特交接处没有发生电平跳变，表示数据为 1。
- 第六个码元：在两比特交接处没有发生电平跳变，表示数据为 1。
- 第七个码元：在两比特交接处没有发生电平跳变，表示数据为 1。
- 第八个码元：在两比特交接处发生电平跳变，表示数据为 0。



答案 该编码所对应的数据为 01101110。

3.1.4 电路交换、报文交换与分组交换



例 3.17

以下关于线路交换概念的描述中，错误的是_____。

- A. 在早期广域网的通信子网中，数据交换方式分为线路交换与存储转发交换
- B. 线路交换在通信子网中建立一个实际的逻辑链路连接
- C. 线路交换方式的通信过程分为线路建立、数据传输与线路释放阶段
- D. 线路交换方式的优点是通信实时性强，适用于交互式会话类通信



分析

设计本例的目的是加深考生对线路交换概念的理解。在讨论线路交换的概念时，需要注意以下几个主要问题：

- (1) 在早期广域网的通信子网中，数据交换方式可以分为两类：线路交换与存储转发交换。因此，A 对数据交换方式的描述是正确的。
- (2) 线路交换与电话交换的工作过程类似。两台计算机通过通信子网交换数据之前，首先需要建立一个实际的物理线路连接，而不是逻辑链路连接。因此，B 对线路交换概念的描述是错误的。
- (3) 线路交换方式的通信过程分为 3 个阶段：线路建立阶段、数据传输阶段与线路释放阶段。因此，C 对线路交换通信过程的描述是正确的。
- (4) 线路交换方式的优点是通信实时性强，适用于交互式会话类通信。线路交换方式的缺点是：不适应突发性通信；不具备存储数据能力，难以平滑通信量；不具备差错控制能力，无法发现与纠正传输差错。因此，D 对线路交换方式优点的描述是正确的。



答案

B。



例 3.18

以下关于存储转发交换概念的描述中，错误的是_____。

- A. 当前的广域网主要采用存储转发交换方式
- B. 存储转发交换主要分为报文交换与分组交换
- C. 报文交换的数据无须携带源地址与目的地址
- D. 分组交换的数据需要携带源地址与目的地址



分析

设计本例的目的是加深考生对线路交换概念的理解。在讨论线路交换的概念时，需要注意以下几个主要问题：

(1) 在当前广域网的通信子网中,主要采用的是存储转发交换方式。两台计算机通过通信子网交换数据之前,无须预先建立物理线路连接。因此,A对存储转发交换方式的描述是正确的。

(2) 存储转发交换又可以分为两类:报文交换与分组交换。因此,B对存储转发交换分类的描述是正确的。

(3) 在报文交换方式中,高层数据直接被封装成报文格式来传输,由中间结点对报文进行路径选择与存储转发。每个报文需要携带源地址与目的地址,它们通过通信子网的路径可能不同。因此,C对报文交换特点的描述是错误的。

(4) 在分组交换方式中,高层数据被分割、封装成有大小要求的分组来传输,由中间结点对分组进行路径选择与存储转发。每个分组需要携带源地址与目的地址,它们通过通信子网的路径可能不同。因此,D对分组交换特点的描述是正确的。

答案

C。

例 3.19

以下关于计算机网络性能参数的描述中,错误的是_____。

- A. 速率是指每秒传输的二进制比特数,它的单位是 b/s
- B. 发送延时等于传输距离除以信号传播速度
- C. 吞吐量表示单位时间内通过网络或接口、信道的数据量
- D. 排队延时取决于进入路由器的分组数与路由器处理速度

分析

设计本例的目的是加深考生对计算机网络性能参数的理解能力。在讨论计算机网络的性能参数时,需要注意以下几个主要问题:

(1) 速率。

速率是指每秒传输的二进制比特数,它的单位是 b/s。因此,A对速率概念的描述是正确的。

这里需要注意发送速率、传输速率与带宽之间的关系。发送速率是指发送结点每秒向信道发送的二进制比特数。例如,以太网网卡每秒向信道发送 1×10^7 b,那么以太网结点的发送速率为 10Mb/s。

传输速率是指信道(传输介质)的传输容量(如图 3-4 所示)。在图 3-4(a)中,如果一条信道连接一对主机,一台主机用 100kb/s 的发送速率传输数据,则信道传输速率为 100kb/s。在图 3-4(b)中,如果 10 台主机通过复用设备与信道连接 10 台主机,每台主机用 100kb/s 的发送速率传输数据,则信道传输速率为 1000kb/s(即 1Mb/s)。如果没有特别说明多路复用的情况,结点发送速率等于信道传输速率。

人们总是以带宽表示信道的数据传输速率,带宽与速率几乎成了同义词。在前面的讨论中,我们已看到信道带宽对基带信号传输的影响,但是信道带宽与传输速率有什么关系?这个问题可用奈奎斯特定理与香农定理回答。这两个定理从定量的角度描述带宽与速率的关系。如果信道的传输速率等于 1Mb/s,我

们经常说信道带宽为 1Mb/s。

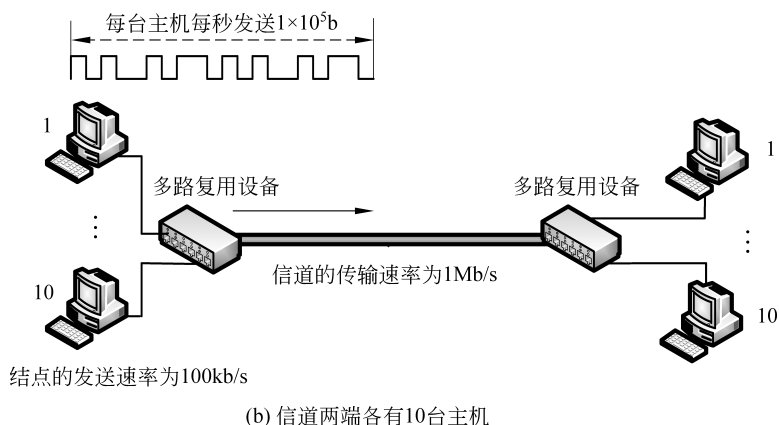
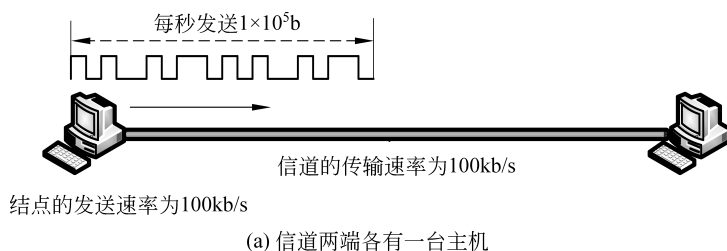


图 3-4 结点发送速率与信道传输速率的关系

(2) 吞吐量。

吞吐量(throughput)表示单位时间内通过网络或接口、信道的数据量。因此,C对吞吐量概念的描述是正确的。

在讨论吞吐量的概念时,需要注意以下两种情况。

第一,吞吐量受到网络设备与线路带宽最大值的限制。如图 3-5 所示,如果一个局域网交换机有 24 个输入输出端口,包括两个 1Gb/s 的全双工端口和 22 个 100Mb/s 的全双工端口,那么该交换机的吞吐量应该等于设备全部端口都在全双工状态时最大的数据传输速率,即吞吐量为 $2 \times 2 \times 1 \times 1000 \text{Mb/s} + 22 \times 2 \times 100 \text{Mb/s} = 8400 \text{Mb/s} = 8.4 \text{Gb/s}$ 。交换机的吞吐量能够达到 8.4Gb/s,通常也表述为交换机带宽可达到 8.4Gb/s。

第二,实际吞吐量受到网络设备和线路带宽利用率的限制。例如,对于传统的 10Mb/s 以太网,由于采用随机争用的 MAC 方法(CSMA/CD)的控制,多台主机共用一条共享总线时,发送冲突是不可避免的,因此尽管以太网的发送速率是 10Mb/s,通过理论分析与实验测试结果表明,在发送速率、结点数、结点单位时间发送帧数与平均帧长度取一定的数值时,实际能成功发送数据的速率约为理论发送速率的 47%。在这种情况下,以太网总线的吞吐量只有 4.7Mb/s。

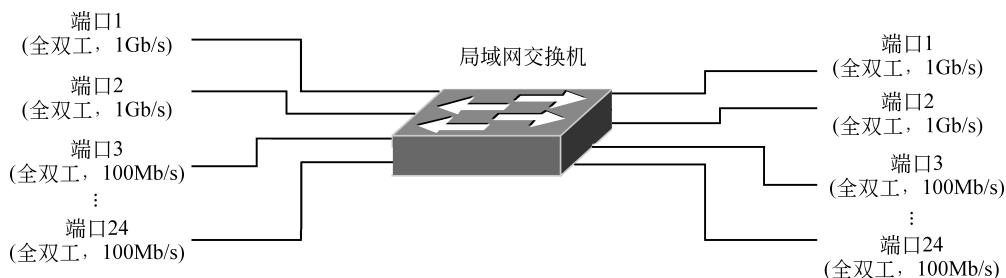


图 3-5 局域网交换机吞吐量的计算

(3) 延时。

延时(delay)是描述网络性能的重要参数之一。网络延时包括发送延时、传播延时、排队延时与处理延时。

① 发送延时。

图 3-6 给出了发送延时示意图。发送延时是指结点发送一个分组所有比特所需的时间。如果结点发送数据的速率是 100kb/s , 它每秒能够发送 $1 \times 10^5\text{b}$, 则它发送 $1 \times 10^6\text{b}$ 需要 10s 。结点发送延时 = 发送的比特数/发送速率。因此, B 对发送延时概念的描述是错误的。

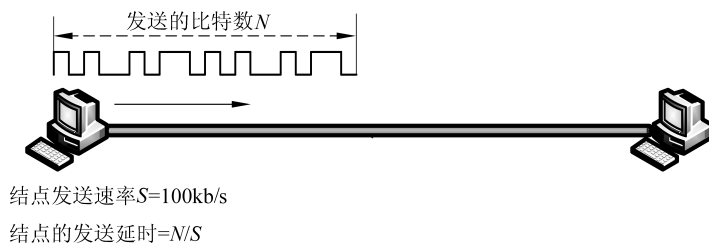


图 3-6 发送延时示意图

② 传播延时。

图 3-7 给出了传播延时示意图。电磁波传播是需要时间的。电磁波在真空中的传播速度为 $3 \times 10^8\text{m/s}$, 在传输介质(如双绞线)中的传播速度约等于真空中传播速度的 $2/3$ 。如果发送结点与接收结点之间的传输介质长度为 D , 信号传播速度为 V , 那么信号传播距离 D 所需的时间是 D/V , 这个时间就是信号的传播延时。

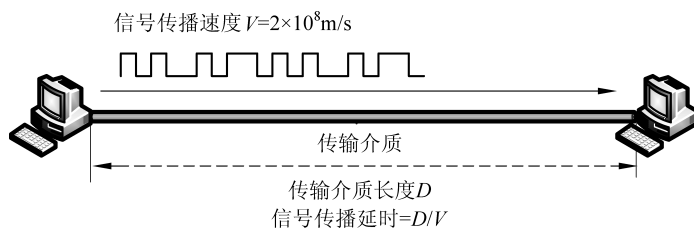


图 3-7 传播延时示意图

③ 排队延时。

图 3-8 给出了排队队列与排队延时示意图。路由器在每个输入端口和输出端口都设置了缓冲区,用于存储等待处理的输入分组队列以及已处理、等待转发的输出分组队列。当分组从一个输入端口进入路由器后,从进入队列到开始处理该分组的时间称为排队延时。为了简单起见,在网络原理的讨论中,假设路由器处理完之后就能够转发,排队延时主要指分组在输入队列中排队等待处理的时间。排队延时取决于进入路由器的分组数和路由器处理速度。如果输入缓冲区已被等待处理的分组占满,随后进入的分组将因队列溢出而被丢弃。因此,D 对排队延时的描述是正确的。

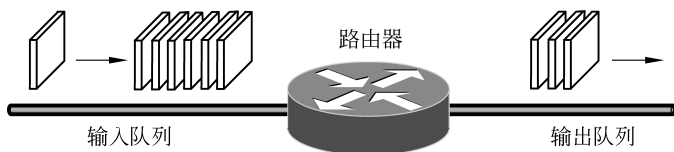


图 3-8 排队队列与排队延时示意图

④ 处理延时。

主机与路由器接收到一个分组之后,需要分析该分组的头部与数据部分,检查源地址与目的地址,检查校验和以确定分组传输是否出错,这些处理所需的时间称为处理延时。

分组通过网络的总延时是以上 4 种延时的总和,即

$$\text{总延时} = \text{发送延时} + \text{传播延时} + \text{排队延时} + \text{处理延时}$$

总延时是评价网络服务质量的重要参数。哪种延时占主导地位,需要根据具体情况分析确定。如果要讨论一个网络的总延时,需要通过计算来综合评定各种延时对总延时的贡献,关注对总延时影响最大的因素,忽略次要因素。

(4) 利用率。

利用率分为信道利用率与网络利用率。信道利用率是指信道可用于传输数据的时间占总时间的比例。网络利用率是全网的信道利用率的加权平均值。

(5) 往返时间。

往返时间(RTT)是指发送方从发出一个分组到收到接收方发送的接收确认总共经历的时间。往返时间取决于网络运行状态、路径、延时及分组长度。

 答案

B。



已知结点之间的传输介质长度为 1000km,信号在传输介质中的传播速度为 2×10^8 m/s。

请计算以下情况的发送延时与传播延时。

(1) 数据长度为 1×10^7 b,数据发送速率为 100kb/s。

(2) 数据长度为 $1 \times 10^3 \text{b}$, 数据发送速率为 1Gb/s 。

分析

设计本例的目的是加深考生对延时概念的理解。在讨论发送延时与传播延时的区别时, 需要注意以下几个主要问题:

(1) 发送延时是指结点发送一个分组所有比特所需的时间。如果结点发送数据的速率为 100kb/s , 它每秒能够发送 $1 \times 10^5 \text{b}$, 则它发送 $1 \times 10^6 \text{b}$ 需要 10s 。结点发送延时 = 发送的比特数/发送速率。

(2) 电磁波传播是需要时间的。电磁波在传输介质中的传播速度的计算公式见例 3.19。

本例计算如下:

(1) 发送延时 $T_{c1} = 1 \times 10^7 / (1 \times 10^5) = 100 \text{s}$ 。

传播延时 $T_{c1} = 1 \times 10^6 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-3} \text{s} = 5 \text{ms}$ 。

(2) 发送延时 $T_{c2} = 1 \times 10^3 / (1 \times 10^9) = 1 \times 10^{-6} \text{s} = 1 \mu\text{s}$ 。

传播延时 $T_{c2} = 1 \times 10^6 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-3} \text{s} = 5 \text{ms}$ 。

答案

(1) 发送延时为 100s , 传播延时为 5ms 。

(2) 发送延时为 $1 \mu\text{s}$, 传播延时为 5ms 。

例 3.21

已知信号在传输介质中的传播速度为 $2 \times 10^8 \text{m/s}$, 结点之间的传输介质长度分别如下: ①网卡为 10cm ; ②局域网为 100m ; ③城域网为 100km ; ④广域网为 5000km 。请计算发送速率为 1Mb/s 与 10Gb/s 时的传播延时带宽积。

分析

设计本例的目的是加深考生对传播延时带宽积的理解。在讨论传播延时带宽积的概念时, 需要注意以下几个主要问题:

(1) 图 3-9 给出了在传输介质上传播的比特数。信号从发送结点传播到接收结点的传播延时与传输介质长度 D , 以及信号在传输介质上的传输速度 V 相关, 即 $T_c = DV$ 。

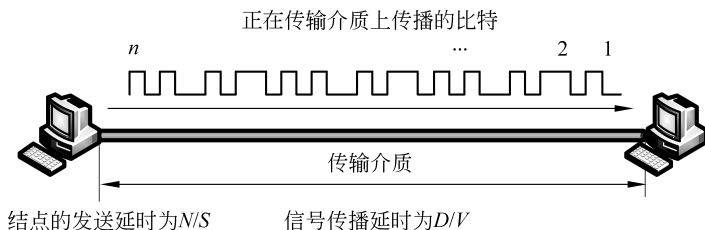


图 3-9 在传输介质上传播的比特数

(2) 如果发送结点的发送速率为 S , 那么在 T_c 时间出现在传输介质上的比特数 n 应该等于 SD/V 。

(3) 传输介质上正在传播的比特数与结点发送速率和传播延时相关, 它是衡量网络传输性能的主要指标之一, 又称为传播延时带宽积或以比特为单位的链路

长度。

本例计算如下：

(1) 传输介质长度 $D_1 = 0.1\text{m}$ (网卡)。

- 发送速率 $S_1 = 1\text{Mb/s}$ 。

$$\text{传播延时 } T_{c1} = 0.1 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-10} \text{s}。$$

$$\text{传播延时带宽积 } n = 1 \times 10^6 \times 5 \times 10^{-10} = 5 \times 10^{-4} \text{b}。$$

- 发送速率 $S_1 = 10\text{Gb/s}$ 。

$$\text{传播延时 } T_{c1} = 0.1 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-10} \text{s}。$$

$$\text{传播延时带宽积 } n = 1 \times 10^{10} \times 5 \times 10^{-10} = 5 \text{b}。$$

(2) 传输介质长度 $D_2 = 100\text{m}$ (局域网)。

- 发送速率 $S_2 = 1\text{Mb/s}$ 。

$$\text{传播延时 } T_{c2} = 100 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-7} \text{s}。$$

$$\text{传播延时带宽积 } n = 1 \times 10^6 \times 5 \times 10^{-7} = 0.5 \text{b}。$$

- 发送速率 $S_2 = 10\text{Gb/s}$ 。

$$\text{传播延时 } T_{c2} = 100 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-7} \text{s}。$$

$$\text{传播延时带宽积 } n = 1 \times 10^{10} \times 5 \times 10^{-7} = 5 \times 10^3 \text{b}。$$

(3) 传输介质长度 $D_3 = 100\text{km}$ (城域网)。

- 发送速率 $S_3 = 1\text{Mb/s}$ 。

$$\text{传播延时 } T_{c3} = 1 \times 10^5 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-4} \text{s}。$$

$$\text{传播延时带宽积 } n = 1 \times 10^6 \times 5 \times 10^{-4} = 5 \times 10^2 \text{b}。$$

- 发送速率 $S_3 = 10\text{Gb/s}$ 。

$$\text{传播延时 } T_{c3} = 1 \times 10^5 / (2 \times 10^8) = 5 \times 10^{-4} \text{s}。$$

$$\text{传播延时带宽积 } n = 1 \times 10^{10} \times 5 \times 10^{-4} = 5 \times 10^6 \text{b}。$$

(4) 传输介质长度 $D_4 = 5000\text{km}$ (广域网)。

- 发送速率 $S_4 = 1\text{Mb/s}$ 。

$$\text{传播延时 } T_{c4} = 5 \times 10^6 / (2 \times 10^8) = 2.5 \times 10^{-2} \text{s}。$$

$$\text{传播延时带宽积 } n = 1 \times 10^6 \times 2.5 \times 10^{-2} = 2.5 \times 10^4 \text{b}。$$

- 发送速率 $S_4 = 10\text{Gb/s}$ 。

$$\text{传播延时 } T_{c4} = 5 \times 10^6 / (2 \times 10^8) = 2.5 \times 10^{-2} \text{s}$$

$$\text{传播延时带宽积 } n = 1 \times 10^{10} \times 2.5 \times 10^{-2} = 2.5 \times 10^8 \text{b}。$$



答案

答案如表 3-3 所示。

表 3-3 传输介质长度与传输延时、传播延时带宽积

传输介质长度	传输延时/s	传播延时带宽积	
		速率/(Mb/s)	速率/(10Gb/s)
0.1m	5×10^{-10}	5×10^{-4}	5