

现代通信技术

张理招 主编
洪千枝 主审



大连海事大学出版社

现代通信技术

张理招 主编

洪千枝 主审

大连海事大学出版社

© 张理招 2004

图书在版编目 (CIP) 数据

现代通信技术 / 张理招主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2004. 12
ISBN 7-5632-1735-5

I. 现… II. 张… III. 通信技术 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 119119 号

大连海事大学出版社出版

地址: 大连市凌海路 1 号 邮编: 116026 电话: 0411-84728394 传真: 0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

宁波新华印刷厂印装 大连海事大学出版社发行

2004 年 12 月第 1 版 2004 年 12 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 18.75

字数: 468 千字 印数: 1~1550 册

责任编辑: 史洪源 王在凤 版式设计: 海 韵

封面设计: 王 艳 责任校对: 枫 叶

定价: 28.00 元

内容提要

本书以当前广泛应用的、代表未来发展趋势的通信新技术为背景,比较全面地讲述了近代通信领域的发展概况及这一领域的基本技术知识。

本书包括通信与网络的基本术语的介绍、多媒体宽带网络技术、用户宽带接入网技术、蓝牙技术、光纤技术、移动通信技术和卫星通信技术共七章内容。每一章讨论了一项技术,除阐述其基本原理外,还讨论了与其相关的实际应用及相关学科领域的技术发展。通过阅读本书,能够对现代通信技术有一个比较全面的认识。

本书作为高等学校通信专业教材,也可供通信技术人员和通信部门管理干部学习参考。

书 号

ISBN 7-302-40002

前言

随着 21 世纪通信技术的飞速发展,通信院校和专业的学生及相关的技术人员迫切需要一本能够全面阐述现代通信技术基本知识及发展趋势的教材,《现代通信技术》一书应运而生。

本书坚持“浅、宽、新、用”的编写原则,力求简洁、全面地反映当代通信新技术,在阐述基本原理的同时,还讨论了通信技术的实际应用及其发展方向。每一章之后均有配套练习,帮助读者自我检测、复习巩固所学内容。

本书由公安部边防管理局技术通信装备处组织编写。全书由公安海警高等专科学校电子技术系张理招副教授主编,王珏薇、王刚、袁何满、李文斌参与编写,最后由公安海警高等专科学校电子技术系主任洪千枝高级工程师主审定稿。

在本书的编写过程中,何波峰、苏海燕、苏海荣、戈升、郑潇威等同志对本书文字的录入和图片处理做了大量工作,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,书中难免存在不妥之处,敬请各位专家、读者予以指正。

编者

2004 年 10 月

目 录

第1章 新兴通信技术的基础	(1)
1.1 虚电路	(1)
1.1.1 永久虚电路(PVC)	(1)
1.1.2 交换虚电路(SVC)或按需连接	(2)
1.1.3 半永久虚电路(SPVC)	(2)
1.2 面向连接的系统和无连接的系统	(3)
1.2.1 面向连接的系统	(3)
1.2.2 无连接的系统	(3)
1.2.3 面向连接的系统和无连接系统的共存	(3)
1.3 可变比特率应用和恒定比特率应用	(3)
1.3.1 VBR 的应用	(3)
1.3.2 CBR 的应用	(4)
1.4 流量控制和拥塞管理	(4)
1.4.1 显式流量控制	(5)
1.4.2 隐式流量控制	(5)
1.4.3 无流量控制	(5)
1.5 多路复用技术	(5)
1.5.1 频分多路复用技术(FDM)	(5)
1.5.2 时分多路复用技术(TDM)	(6)
1.5.3 统计时分多路复用技术(STATDM)	(6)
1.5.4 码分多路复用(CDM)	(7)
第2章 多媒体宽带网络技术	(8)
2.1 宽带网络概述	(8)
2.2 多媒体对通信网络的要求	(9)
2.2.1 视频对网络的要求	(9)
2.2.2 音频对网络的要求	(10)
2.2.3 图像传输对网络的要求	(10)
2.3 综合业务数字网(ISDN)	(11)
2.3.1 ISDN 概述	(11)
2.3.2 ISDN 物理连接	(13)
2.3.3 ISDN 的层结构	(18)
2.3.4 ISDN PDU	(19)
2.4 异步转移模式(ATM)	(20)

2.4.1	ATM 技术主要特点	(20)
2.4.2	ATM 参考模型	(22)
2.4.3	ATM 协议数据单元	(22)
2.4.4	ATM 标号	(23)
2.4.5	多路复用 VCI 和 VPI	(24)
2.4.6	ATM 交换机	(24)
2.4.7	业务种类	(32)
2.4.8	AAL 类型	(32)
2.4.9	ATM 网络中的业务管理	(36)
2.5	帧中继	(40)
2.5.1	帧中继的用途	(41)
2.5.2	典型的帧中继拓扑结构	(41)
2.5.3	帧中继的层	(42)
2.5.4	帧中继协议数据单元(PDU)	(43)
2.5.5	帧中继操作详述	(43)
2.6	数字数据网(DDN)	(50)
2.6.1	DDN 概述	(50)
2.6.2	DDN 网络业务及用户入网速率	(52)
2.6.3	DDN 宽带接入种类	(54)
2.7	线缆宽带调制器(Cable Modem)	(56)
2.7.1	Cable Modem 基本原理	(56)
2.7.2	Cable Modem 的系统结构	(58)
2.7.3	Cable Modem 业务	(60)
第3章	用户网宽带接入技术	(62)
3.1	xDSL 概述	(62)
3.1.1	xDSL 系统原理	(62)
3.1.2	xDSL 分类	(63)
3.2	高比特率数字用户线环路技术(HDSL)	(66)
3.2.1	数字调制技术	(66)
3.2.2	回波抵消技术	(67)
3.2.3	高速自适应滤波技术	(67)
3.3	非对称数字用户线环路技术(ADSL)	(69)
3.3.1	基本工作原理	(70)
3.3.2	ADSL 的特点	(71)
3.3.3	ADSL 关键技术	(72)
3.3.4	ADSL 业务与其他业务的关系	(75)
3.3.5	G.Lite 标准	(76)
3.3.6	发展阻力	(78)

3.4 甚高速数字用户环路技术(VDSL).....	(78)
3.4.1 VDSL 系统的规范.....	(79)
3.4.2 VDSL 的线路编码.....	(79)
3.4.3 VDSL 的双工方式.....	(82)
3.5 光纤用户接入网.....	(83)
3.5.1 基本概念及参考配置.....	(83)
3.5.2 基本结构 and 应用类型.....	(87)
第4章 Bluetooth 技术.....	(91)
4.1 Bluetooth 技术的起源与特色.....	(91)
4.1.1 Bluetooth 技术的发展背景.....	(91)
4.1.2 Bluetooth 技术的特色.....	(91)
4.2 Bluetooth 技术通信协议体系.....	(93)
4.2.1 无线电波发射层协议.....	(94)
4.2.2 基带层协议.....	(95)
4.2.3 高层通信协议.....	(121)
第5章 光纤通信技术.....	(135)
5.1 光纤通信的基本概念.....	(135)
5.1.1 目前光纤通信的实用工作波长.....	(135)
5.1.2 光纤通信的特点.....	(136)
5.1.3 光纤通信系统的基本组成.....	(138)
5.2 光纤和光缆.....	(138)
5.2.1 光纤的结构与分类.....	(138)
5.2.2 用射线法分析光波在光纤中的传输.....	(141)
5.2.3 单模光纤.....	(146)
5.2.4 光纤的损耗特性及色散特性.....	(148)
5.2.5 几种特殊光纤.....	(152)
5.2.6 光缆的温度特性和机械特性.....	(154)
5.2.7 光缆的结构和种类.....	(155)
5.2.8 光缆型号的标志.....	(157)
5.3 光纤通信中的光源和光电检测器.....	(160)
5.3.1 激光器的一般工作原理.....	(160)
5.3.2 半导体激光器.....	(163)
5.3.3 半导体发光二极管(LED).....	(166)
5.3.4 光源的直接调制方式.....	(167)
5.3.5 半导体光电检测器.....	(168)
5.4 光端机.....	(173)
5.4.1 光发射机.....	(173)
5.4.2 光接收机.....	(175)

5.5 光纤通信系统	(178)
5.5.1 强度调制——直接检波系统的组成	(178)
5.5.2 光纤通信中的码型	(188)
5.5.3 光纤通信系统设计	(189)
5.6 全光通信	(192)
5.6.1 光放大器	(193)
5.6.2 多信道复用技术	(198)
5.6.3 光波分复用技术	(199)
5.6.4 光孤子通信技术	(203)
第6章 移动通信技术	(210)
6.1 移动通信概述	(210)
6.1.1 移动通信的基本概念	(210)
6.1.2 移动通信的体制	(212)
6.1.3 移动通信系统的组成及组网原则	(213)
6.1.4 移动通信工作频段	(216)
6.2 数字移动通信原理	(217)
6.2.1 数字移动通信中所采用的主要技术	(217)
6.2.2 抗干扰技术	(222)
6.3 GSM 数字移动通信系统	(225)
6.3.1 GSM900 系统的特点	(225)
6.3.2 GSM 数字移动通信的组成	(226)
6.3.3 GSM 数字通信网	(228)
6.3.4 GSM 的频率配置	(233)
6.3.5 GSM 的关键技术	(235)
6.3.6 移动管理	(236)
6.4 CDMA 码分多址蜂窝移动通信	(238)
6.4.1 多址通信及方式	(238)
6.4.2 码分多址的概念	(238)
6.4.3 码分多址的基本原理	(239)
6.4.4 扩频通信系统	(241)
6.4.5 码分多址直接序列扩频通信系统	(245)
6.4.6 码分多址蜂窝移动通信系统的网络结构	(246)
6.4.7 采用 CDMA 技术的优点	(247)
第7章 卫星移动通信	(252)
7.1 卫星通信系统概述	(252)
7.1.1 卫星通信的基本概念及其系统组成	(252)
7.1.2 卫星移动通信的基本概念及其分类	(254)
7.2 卫星移动通信技术基础	(257)

7.2.1	卫星移动通信系统的电波传播.....	(257)
7.2.2	编码技术.....	(259)
7.2.3	调制与解调技术.....	(262)
7.2.4	多址技术.....	(265)
7.2.5	数字处理技术.....	(271)
7.3	同步轨道卫星移动通信原理.....	(275)
7.3.1	同步轨道卫星移动通信系统的一般结构.....	(275)
7.3.2	不同轨道卫星移动通信系统的通信信道.....	(276)
7.3.3	中、低轨道卫星移动通信系统.....	(277)
7.3.4	卫星移动通信系统与地面网的互联.....	(282)
参考文献		(287)

第1章 新兴通信技术的基础

本章介绍当前通信系统的基础知识，重点讨论与当今通信技术应用有关的主要概念，并介绍几种常用的通信业务及其应用。要求掌握的重点内容是：

1. 虚电路；
2. 面向连接和无连接；
3. 可变比特率和恒定比特率的应用；
4. 流量控制和拥塞管理；
5. 多路复用技术。

1.1 虚电路

操作终端和计算机的最终用户通过称为物理电路的通信信道相互通信。这些物理电路还有其他的名字，比如信道、链路、线路、中继线。可以配置一条物理电路，使两个用户直接互相通信，并且除了这两个用户外，其他用户不可以使用这条电路。

在网络等较复杂的系统中，电路是多个用户共享的。在网络内部，物理电路接到中间节点，而这些中间节点位于提供到另一条电路的中继业务的机器上。这些机器称为交换机、路由器、网桥或网关等。它们负责通信用户之间业务的中继。

这种安排可实现多个用户共享一条物理电路。既然许多通信信道的容量支持多用户会话，网络设备（如交换机或多路复用器）就能负责在一条电路上收发多个用户的业务。

理想安排下，用户并不知道物理电路正在被其他用户共享。实际上，电路供应商试图使这种共享操作对所有用户透明。此外，在这种理想情况下，用户以为电路仅仅直接连接通信的双方。然而，物理电路很可能正在被其他用户共享。

虚电路这一术语用于描述共享的电路，其共享不被该电路的用户所知道。这个术语源于计算机体系结构，在这种体系结构中，计算机最终用户感到计算机具有比实际情况大的内存。这种另外的“虚拟”内存实际上是硬盘上存储空间。这样，虚电路（以及虚拟存储器）就存在于旁观者（用户）的心里。

虚电路可分为三种类型：

- （1）永久虚电路（PVC）；
- （2）交换虚电路（SVC）；
- （3）半永久虚电路（SPVC）。

1.1.1 永久虚电路（PVC）

可以连续地向用户提供一条虚电路。借助这种方法，用户可以在任何时候获得网络服务，这个概念就叫 PVC。它可以通过在网络节点的数据库的表中创建条目来建立。这些条目含有用户有效负载的惟一标识符（标号）。这种标识符还有其他名称，例如逻辑信道号（LCN）、数据链路连接标识符（DLCI）、虚信道标识符（VCI）或者虚路径标识符

(VPI) 等。条目还存储在数据库里以标识目的用户和待提供给两个用户的服务类型。这些条目作为用户与网络之间的合同协定的一部分而创建,且必须在用户使用网络之前建立。

一旦签订了合同,且网络存储了所有这些信息,用户就可以通过向网络传输含有数据和保留的逻辑信道号或虚电路标识符的分组来获得网络服务。网络节点接收到分组后,将 LCN/VCI 与它的数据库进行比较,以辨别用户需要哪种服务质量(QoS)以及用户希望与谁通信。后一个语句很重要,因为 PVC 是以用户到用户(端到端)的方式提供的。因此,PVC 不仅是用户与网络之间,而且也是用户与另一用户之间的永久性联系。

在用户向网络提交业务之前,还要准备好诸如吞吐量、延迟、安全性等网络功能。因此,一条纯粹的 PVC 不允许用户就服务进行协商。如果需要不同类型的服务,需要到达不同的目的端点,则用户需要向网络提交一份不同的 PVC 标识符,并附以适当的用户有效负载。这条 PVC 就提供给不同的端点,或许还有不同的服务。

1.1.2 交换虚电路(SVC)或按需连接

与 PVC 相比,交换虚电路(SVC)不是“预先提供”的。当一个用户希望获得网络服务与另一个用户通信时,该用户必须向网络提交一个连接请求分组。这个分组通常以网络地址的形式标识发送端,该分组还必须提供接收端的地址,还必须包含会话期间要使用的虚电路号。此虚电路号在通信会话期间用于联系标号的目的地址和源地址。一旦会话结束,就释放该虚电路号以备其他用户使用。

虽然 SVC 在呼叫建立过程中带来一定的延迟(连接也许被拒绝),但是十分灵活,使用户只需在连接请求分组里插入适当的目的地址即可动态地选择接收端,而且,支持 SVC 的网络通常允许在呼叫对呼叫的基础上就网络的某些功能如延迟和吞吐量等进行协商。

有些系统使用按需连接这一术语代替交换虚电路,还使用交换虚呼叫这一术语。

1.1.3 半永久虚电路(SPVC)

许多网络支持另外一种虚电路业务,这种虚电路业务有多种叫法,我们称其为半永久虚电路(SPVC)。与常规的 PVC 一样,在这种电路中,用户是预先确定的,也存储了保留的标号并使之与用户相联系。当然也存储了用户目的节点的标识。同 PVC 一样,网络节点包含关于通信双方以及需要的服务类型的信息。

然而,这种类型的虚电路不能保证用户得到他们所请求的服务级别。例如,如果网络发生拥塞,而 SPVC 用户希望实现一个需要大量网络资源的会话,网络可能拒绝提供这种服务。

一种更可能发生的情况是,一开始网络许诺为用户提供服务,但是由于发生的某些情况违背了用户与网络之间的约定,如发送数据的速率超过了网络和用户的认定值,或者网络耗尽了支持这种连接的资源,网络将拒绝为用户提供连续的服务。

1.2 面向连接的系统和无连接的系统

1.2.1 面向连接的系统

采用虚电路概念的系统叫做面向连接的系统。通常，这种系统使用状态表，表中含有的规则用于管理用户与网络交互的方式。尽管这些状态表阐明了用户与网络之间的规程，但也的确增加了这个过程的开销。

1.2.2 无连接的系统

相反，不采用虚电路的系统称为无连接，也称为数据报网络，被业界广泛使用。面向连接的和无连接系统操作主要不同在于，无连接协议不为最终用户的通信过程建立虚电路，而是以某些特别的方式向服务提供商提交业务。握手方案(比如服务协商)是最低限度的，也许根本不存在。网络服务点和网络交换机(如果采用的话)不拥有两个最终用户(如状态表)之间进行中的业务知识。因此，数据报业务不提供用户业务(如PVC)的先验知识，也不提供关于用户业务的当前知识。

1.2.3 面向连接的系统和无连接系统的共存

如今，许多网络都采用面向连接的与无连接协议的组合方式，这种混和操作最常用于广域数据网络。网络边界(用户设备与网络节点之间)上的操作是面向连接的，而网络内部(网络节点之间)的操作是无连接的。有时将这种情况称为有面向连接的接口无连接子网。例如，在用户到网络的接口使用X.25接口，而在网络内部使用专有的无连接协议。

这个例子并不简单地意味着具有面向连接的接口的无连接子网是业界使用的惟一方法。另一种广泛使用的组合是在网络内部和外部都采用面向连接的操作，例如电话网络，它在用户与网络之间以及整个网络都是面向连接的。

有些网络在网络内部、用户到网络的接口、甚至网络之间完全是无连接的。许多数据网络属于这种类型，尤其是LAN。当然，虽然无连接的方法使事情变得十分简单并且加快了操作，最终用户也许仍会在网络承载业务的上层选择某种类型的面向连接的系统。通常的做法是在底层提供无连接操作，而在最终用户的应用本身之间提供面向连接的业务。

1.3 可变比特率应用和恒定比特率应用

描述应用业务性质的一个有用的方法是借助两个概念，称为可变比特率(VBR)和恒定比特率(CBR)。

1.3.1 VBR的应用

采用VBR方案的应用不需要分配一个恒定的和连续的带宽。这种应用被称为是突发的，意思是说这种应用的收发业务是异步的(随时都有可能某个时间段里不发送或接收数据)。大多数任何类型的数据通信过程都是关于VBR应用的实例。从时间上来看，这些应用允许以一种可变的方式进行业务排队，不需要发送端和接收端之间具有固定的计时关系。

因此,如果业务由发送端发出并缓存(排队)一段时间,接收端不会被干扰。采用 VBR 技术的典型应用有交互终端到终端对话、询问—响应操作、客户—服务器系统以及批量数据传输操作。

尽管 VBR 方案允许发送端和接收端之间可以不严格计时并进行异步操作,但大多数的 VBR 应用还是需要某种类型的计时约束。例如,自动柜员机旁的用户与银行的中央数据库之间的交互操作会发生变化,即使以秒为数量级,但是以分钟为单位的变化会给顾客带来不悦,最终搞得顾客头昏眼花。

1.3.2 CBR 的应用

相反,采用 CBR 方案的应用需要分配一个恒定的、连续的(或者接近这种情况)带宽,以及发送端和接收端之间的精确的计时关系,这些应用被称是非突发的。我们必须慎用非突发一词,因为有些应用容忍一定量的突发。

典型的基于 CBR 的应用是语音和视频传输。这些应用要求一定的保证带宽并在发送和接收设备之间建立恒定的连续的计时关系,还要求发送端和接收端之间具有可预测的固定的传输延迟。

为了说明这一点,我们假设作者正在北京通过电话与住在上海的母亲进行通话,期待传递这个通话的技术为通话提供连续的服务无疑是合理的要求。当我说“您好,妈妈”时,我向发送设备(电话)陈述这些词汇的方式应该与接收设备听到的完全相同。如果服务供应商不能保证最小的延迟,并对这句问候语的各部分进行排队(比如在缓冲器里),我的母亲听到的不是“您好,妈妈”,而是“您好,妈……”(或者别的什么含混的问候语)。

与生活中大多数情况一样,异常情况是不可避免的。这在本章的每一节都存在。以如今的技术,确实存在允许突发式语音方案的系统。最流行的方法是利用语音交谈中的寂静阶段(有时相当多)并消除代表它的信号。如今这种方法被广泛实施,使得语音网络多少带有一些突发性质。

其他的 CBR 应用不容许突发方案。一个主要的例子是电视或视频会议等高质量的音频—视频应用。这些系统需要非突发支持,并要求在发送端和接收端之间建立精确的计时关系。

一些新兴通信技术面临着为 VBR 和 CBR 应用提供综合网络的要求。在今天的环境中,将任何一种类型的应用图像转换成数字语法是件非常容易的事——一些人把这看作综合网络。然而,传输全部的数字图像仅仅是一小部分,在技术的表面下隐藏的是一种挑战,即管理业务以及为需要各种 VBR 和 CBR 方案的应用提供公正的服务。

然而,对综合性多媒体网络的挑战并不只是将所有的业务数字化——这只是一项颇为一般的工作。主要的挑战是以某种方式管理用户的业务,在这种方式下用户并不知道只有一个网络支持多种 CBR 和 VBR 业务的组合。这个概念的确导致一个新的时髦名词——姑且称其为虚拟多重网络。

1.4 流量控制和拥塞管理

通信系统的另一个重要方面是在网络入口和出口对业务进行控制的特性。网络控制用

户业务的操作在逻辑上称为流量控制。流量控制保证业务不会使网络饱和，也不会超出网络容量。故流量控制用于管理拥塞。

用于控制业务的三种方法是显式流量控制、隐式流量控制和无流量控制。

1.4.1 显式流量控制

顾名思义，显式流量控制是对进入网络的用户业务量的明确的限制。如果网络向用户发出了显式流量控制消息，用户只能停止发送业务（或根据网络的指示降低传输量），并且用户不得再发送任何业务，直到网络打开这个“节流阀”。读者可以借助接收未就绪（建立流量控制）和接收就绪（释放流量控制）等熟知的术语来熟悉这些显式流量控制的操作形式。

1.4.2 隐式流量控制

隐式流量控制不对流量做严格的限制，它只是建议用户停止发送业务，或者至少降低发往网络的业务量。通常，隐式流量控制消息警告用户：

- (1) 用户正在违反与网络达成的服务约定；
 - (2) 网络拥塞。
- 在上述任何情况下，如果用户继续发送业务，就要冒数据被网络丢弃的风险。

这种思想对于通信行业来说是相当新颖的。过去，大多数网络给用户发送显式流量控制信号，现在有几种新兴通信技术在其操作中集成了隐式流量控制。

1.4.3 无流量控制

具有讽刺意义的是，网络可能通过根本不执行任何流量控制而建立起流量控制。通常，没有流量控制就意味着网络可以丢弃任何将引起问题的业务。尽管从网络的角度来看这种方法确实是提供高级拥塞管理，但它却没有实施用户心目中的流量控制和拥塞管理。尽管如此，大多数的无连接网络（如 LAN）仍将通过采用载波侦听冲突检测机制、发送令牌等方式调节业务流量。

1.5 多路复用技术

多路复用操作接收来自终端、电话和用户应用的低速语音、视频或数据信号，并将它们组合成高速数据流以便在链路上传输。接收设备再将组合的数据流进行多路分解并将其转换成最初的多个低速信号。由于在同一条线路上发送几个独立的传输信号，因而提高了线路的效率。多路复用技术可分为：频分多路复用技术、时分多路复用技术、统计时分多路复用技术、码分多路复用技术等。

1.5.1 频分多路复用技术 (FDM)

如图 1.1 所示，这种技术是把传输频带宽度分成若干个窄带（子带）。子带带宽较窄，每个子带可以传送一路独立的语音或数据信号。因此，FDM 被用于各种应用，例如电话系统、广播系统以及为人们所熟悉的、许多人在家中已安装的有线电视（CATV）。CATV 为

每条电视频道提供一个 FDM 子带。

FDM 降低了每个用户可用的总带宽，对于低速设备来说，这种窄带通常是够用的。来自多个用户的信号同时在通道上传输，每个用户都分配了一个固定的频段。



图 1.1 频分多路复用技术

1.5.2 时分多路复用技术 (TDM)

时分多路复用技术 (TDM) 是将信道分成若干时隙，每个用户都占有全部信道容量如图 1.2。为每个用户提供一个时隙，这个时隙在接入的用户中轮换。TDM 周期性地扫描多个接入点的输入信号（输入数据）。比特、字节或数据块被分开并交织成帧，在一条高速通信

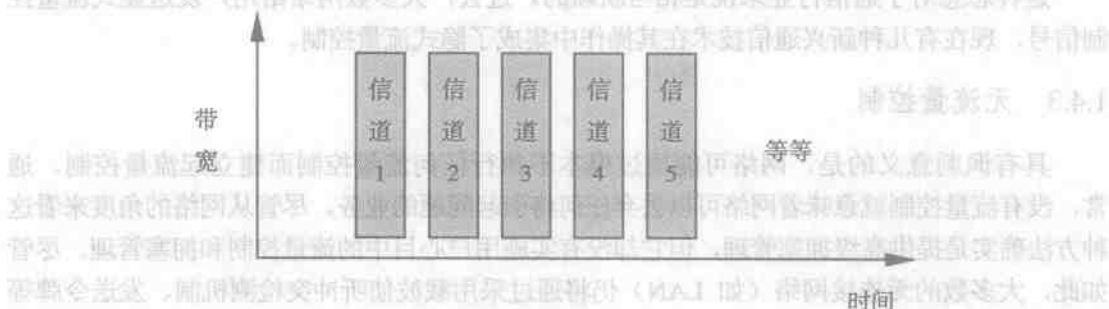


图 1.2 时分多路复用技术

路上传输。TDM 是离散信号设备，不接受模拟数据。若某个设备没有业务，它所对应的时隙为空，这是因为这个时隙已预先分配给了这台设备。这种方式非常适用于恒定比特率的应用 (CBR)，但用于可变比特率 (VBR) 时，则浪费了部分容量。当某个时隙不使用时，常规的 TDM 就要浪费一定的应用通信线路的带宽。当某个空闲的终端没有数据在时隙中传送或线路端的谈话处于沉默期间时，就产生了空闲时隙。

1.5.3 统计时分多路复用技术 (STDM)

统计时分复用技术 (STDM) 在活动的终端间动态地分配时隙如图 1.3。STDM 不为每个端口提供专用时隙，这样空闲的终端时间并不浪费线路容量。通常，较之 TDM，STDM 可以在线路上容纳多达 2~5 倍的业务。然而，必须强调的是统计时分多路复用适用于“突发”输入数据流。“输入数据流”指的是这样一个系统，其传输是偶发的，间隔是不规则

的，即 VBR 应用。STDM 利用了这个特性，并将时隙分配给需要时隙的设备。

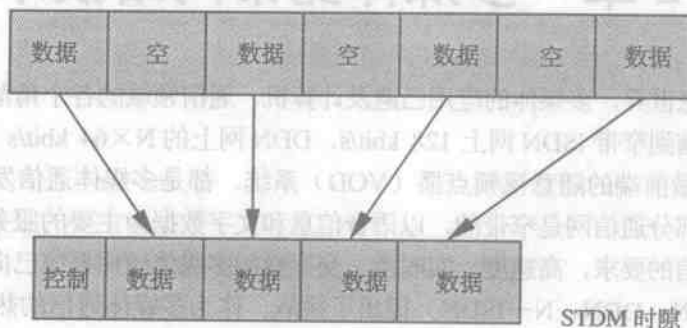


图 1.3 统计时分多路复用技术

1.5.4 码分多路复用 (CDM)

码分多路复用是一种无线扩频通信方式，是将数字信号通过数字调制后，形成一个窄带已调信号，然后该信号再与高速的随机序列码进行调制，此时输出的信号带宽将远远大于传输信息的带宽，故称为扩频通信。在收端将此信号与发送端相同的随机序列进行扩频解调，即可恢复出窄带已调信号，然后再经过数字解调解调出原来的数字信号。这样采用不同的数字随机序列调制的信号就可以复用在一起传输，在收端，利用不同的数字随机序列就可以解调出相应的数字信号。

习 题

1. 虚电路一般可分为哪几种？
2. 面向连接与面向无连接有什么区别？
3. 可变比特率与恒定比特率的应用有何区别？
4. 流量控制一般可分为哪几种形式？
5. 多路复用技术一般可分为哪几类？
6. 数据通信是由哪几部分组成的？