

数字调制解调技术及其应用的研究进展*

潘 莉,郭东辉,纪安妮,刘瑞堂

(厦门大学技术物理研究所,福建 厦门 361005)

【摘要】本文首先介绍数字调制解调技术的基本原理,然后介绍多进制的数字调制以及调制技术的新应用,最后提出了一些当今最新的调制解调技术和发展趋势。

关键词:数字通信;多进制调制解调;接入技术;应用

中图分类号: TN914.3; TN76 **文献标识码:** A

一、引言

调制和解调是现代通信的重要手段。调制就是用基带信号对载波波形的某些参数进行控制,使这些参量随基带信号的变化而变化。解调是调制的逆过程,它是从已调制的信号中恢复出原来调制信号的过程。根据被调制的是模拟还是数字信号,调制技术分为模拟调制和数字调制两类。模拟调制应用比较早,也比较广泛,主要应用于广播、电视和卫星通信。而随着数字通信和数字技术的发展,数字调制所占的比例越来越高,而且不断有新的数字调制方式出现^[1]。

二、数字调制解调技术的基本原理

数字调制的基本方式为 3 类:振幅键控(ASK)、频移键控(FSK)和相移键控(PSK)。

ASK 就是载波的振幅受二进制调制信号“1”或“0”的控制。当信号为“1”,振幅为“A”;当信号为“0”,振幅为“0”。由于这种方式传输效率低,没有被广泛采用。

FSK 是载波的频率受二进制调制信号控制,用两个特定的频率分别代表信号“0”和“1”,用 980 Hz 和 1 180 Hz 发送“0”信号和“1”信号,而用 1 650 Hz 和 1 850 Hz 接受“0”和“1”信号。例如在 CCITT V. 21 “公用交换电话网中使用的标准化 300 bit/s 的双工调制解调器”标准中,将话音信道分为上下两个子信

道,给信道 1 分配 980 ~ 1 180 Hz 的频带,给信道 2 分配 1 650 ~ 1 850 Hz 的频带,而在每个子信道中采用 FSK 调制技术。

PSK 是利用载波相位的变化来传送数据信息的,一般分为“绝对移相”和“相对移相”。“绝对移相”是利用不同的相位去表示数据信息,而“相对移相”则利用载波的相对相位去表示数字信息,即利用前后码元载波相位的相对变化来表示数据信息。例如 CCITT V. 22“公用交换电话网和点对点两线租用电话型电路上使用的标准化 1 200 bit/s 的双工调制解调器”标准就是采用 PSK 调制技术:当输入信号为“1”时,输出相位为 0 的载波;若输入为“0”,输出相位为 π 的载波。但是在实际通信中,为了克服倒相影响,常采用“相对移相”即相对差分移相键控(DPSK)。2DPSK 信号的产生如图 1 所示。DPSK 只与前面码元的相位有关,而与绝对相位值无关,故解调时不受倒相的影响。

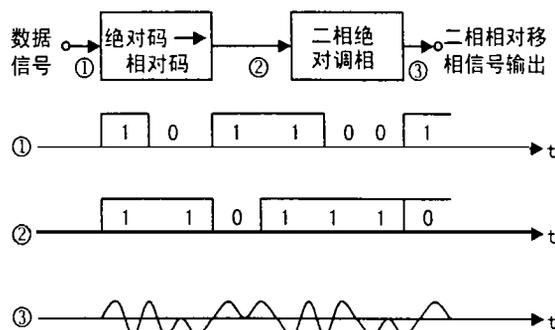


图 1 2DPSK 信号的产生

* 收稿日期:2001 - 06 - 18

作者简介:潘 莉(1976 -),女,福建厦门人,硕士研究生。

三、多进制数字调制技术

随着通信技术的迅速发展,通信速度已经越来越不适应发展的要求了,因此多进制数字调制应运而生,它指的是调制信号的不同状态数大于 2 的数字调制,当信道频带受限时可以使信息传输率增加,从而提高频带利用率。现在多进制数字调制技术得到了越来越广泛的应用。它也可以相应地分为多进制振幅键控、频移键控和移相键控。

多进制振幅键控 (MASK),即载波的振幅有 M 种取值: $A_0, A_1, A_2, \dots, A_{M-1}$,每个符号间隔 T_s 内发送一种振幅载波信号。MASK 的调制方法与 2ASK 的方法相同,不同的只是基带信号由二电平变为多电平。

多进制频移键控 (MFSK),即载波的频率有 M 种取值。MFSK 信号常用频率选择法产生调制框图如图 2 所示。

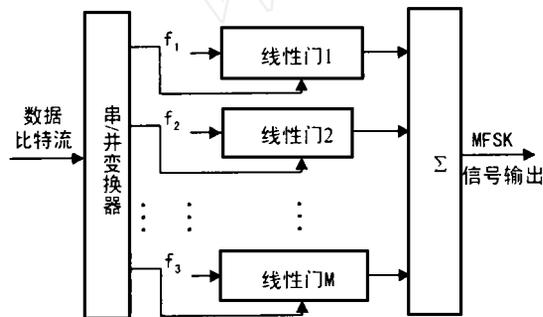


图 2 MFSK 调制器框图

多进制移相键控 (MPSK),即载波的相位有 M 种取值。常用的有 4PSK (又称 QPSK) 和 8PSK。4PSK 可以采用 $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 四种相位,也可以采用 $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ 四种相位。双比特码元与载波相位的关系如表 1 所示。调制框图如图 3 所示。

表 1 双比特码元和载波相位的关系

双比特码元	载波相位	
	A 方式	B 方式
00	0°	225°
10	90°	315°
11	180°	45°
01	270°	135°

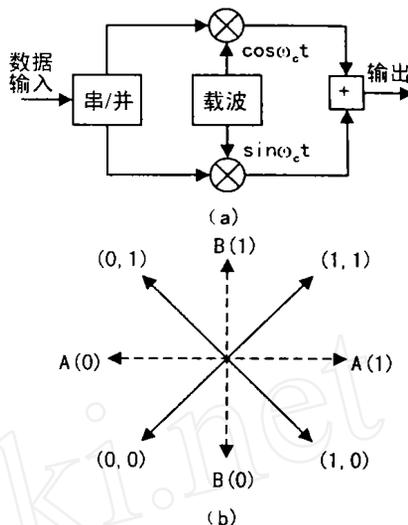


图 3 QPSK 调制器框图

图中串/并变换器将输入的二进制数据序列依次分为两个并行序列。设两序列中的二进制数据比特分别为 A 和 B,每一对 AB 称为一个双比特码元。双极性的 A 和 B 数据脉冲分别通过两个平衡调制器,对 0 相载波 ($\cos \omega_c t$) 及正交载波 ($\sin \omega_c t$) 进行二相调制,再将两路输出叠加,得到如图 2 (b) 的四相信号。它可以看作两个正交的 2PSK 信号的合成,所以可采用与 2PSK 信号类似的相干检测法解调,其框图如图 4 所示,与调制刚好是一个逆过程。

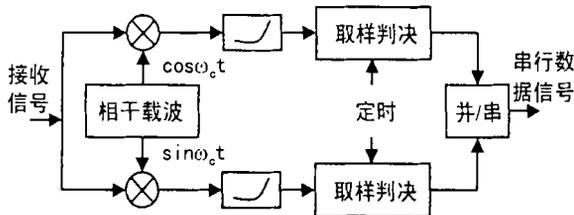


图 4 四相调制信号的解调

另外,为了提高传输速率,现在经常采用幅度和相位复合调制方式 (QAM)。所谓幅相联合调制是指调制载波的振幅和相位都随独立的基带信号而变化。CCITT V.29“点对点四线租用电话型电路使用的标准化 9 600 bit/s 调制解调器”标准就是采用 4QAM 调制方式。在 4QAM 中,要传送的组合数据流经扰频后分为 4 比特一组,每 4 比特中的第一个比特决定了要传送信号的幅度,而其余 3 比特则决定要采用的相位变化,如表 2、表 3 所示。另外,目前较常使用的有 16QAM、64QAM 和 256QAM。

表 2 比特和幅值关系表

绝对相位	Q1	相对信号 码元幅度
0°, 90°, 180°, 270°	0	3
	1	5
5°, 135°, 225°, 315°	0	1.414
	1	4.242

表 3 比特和相位关系表

Q ₂	Q ₃	Q ₄	相位变化	Q ₂	Q ₃	Q ₄	相位变化
0	0	1	0°	1	1	1	180°
0	0	0	45°	1	1	0	225°
0	1	0	90°	1	0	0	270°
0	1	1	135°	1	0	1	315°

四、调制解调技术的新趋势

随着信息电子技术和工艺的突飞猛进,一些新

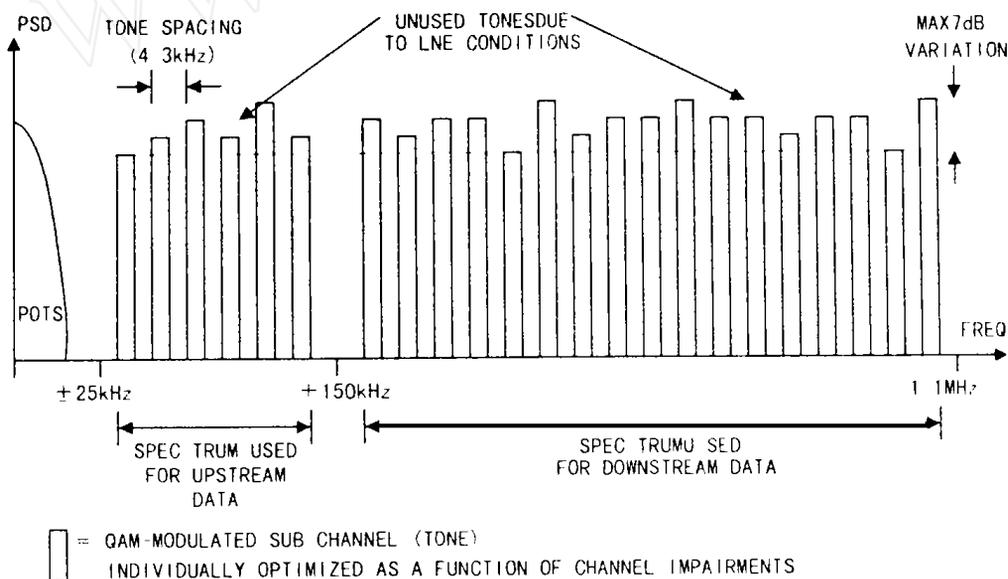


图 5 DMT 调制方式

图 5 中输入的数据被分成 N 个子通道(也称为音频),每个子通道有相同的带宽和不同的中心频率。每个子通道的频带带宽是 4.3125 kHz,在两个连续频带之间的间距也是 4.3125 kHz。在每个子频带上都采用 QAM 调制。系统根据每个子信道的信噪比自适应地给每个信道分配比特数。当线路的信噪比大时,一个载波所携带的信息相对比较多,而当线路的信噪比小时,一个载波所携带的信息相对较少。用快速傅里叶变换和反傅里叶变换来实现多路调制与解调。离散多音频系统调制框图如 6 所示。

的调制解调技术突破传统的理论和模式,从而在速度上也远远突破了传统认识。

1. ADSL 调制解调器技术

非对称数字用户环路(ADSL)^{[4][5]}是一种崭新的调制解调技术,这种技术能够在普通的铜质电话线上提供几乎高于传统技术 100 倍的速率。它通过现有的普通双绞线不对称地传送数据。这种技术能向每个用户传送速率超过 6 Mbit/s 的下行单向信息服务和速率可达 640 kbit/s 的上下行双向信息服务。由于普通模拟 Modem 均工作在音频范围(300~3400 Hz 频段)内,因此其信号传输速度受到了限制,ADSL 就是充分利用了双绞线高达 1.1 MHz 的频率范围。ADSL Modem 采用的是离散多音频(DMT)的调制方式,这是一种类似于频分多路复用的调制方式,其频谱图如图 5 所示。

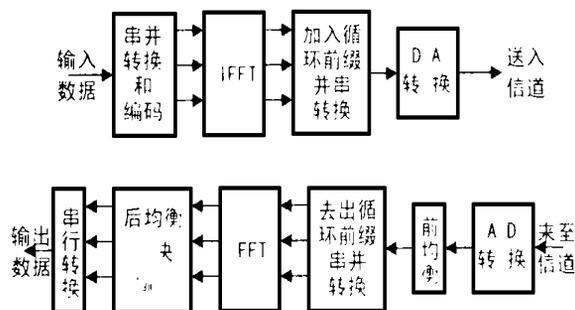


图 6 DMT 调制框图

2. Cable Modem 技术

现在我们采用的 Modem 上网方式由于受到带宽的限制,其传输速率比较低。利用现有的一些比较成熟的基础设施,如有线电视网,并加以一定的技术改造,使得其数据的传输从单向方式(只是用户看电视)改变为双向方式,这样的网络可以承接 Internet 服务方式(既有用户看电视的功能,又有上网访问的功能)。线缆调制解调器(Cable Modem)就是基于有线电视网的调制解调器,它采用的上行调制技术是 QPSK 或是 16QAM,下行采用的是 64QAM 或 256QAM 的调制方式,这也是一种非对称的通信模式。Cable Modem 上传速率为 33.6 kbps,下传速率可达到 38 Mbps。

3. 无线调制解调技术

随着移动通信的应用迅速发展,实现无线数据通信越来越为人们所关心,因为无线通信网络在许多场合比有线通信来得方便,有时甚至是有线无法实现的。

无线 Modem^{[7][8][9][10][11]}实现的功能就是把数字信号翻译成射频(RF)信号,然后从空中发射出去。蜂窝移动无线系统正在使用的调制技术主要是用于北美 AMPS - D 第二代标准之一的 $\pi/4$ QPSK,它是在 QPSK 的基础上发展起来的一种新四相相移键控,其相位取值只有 $\pm \pi/4$ 、 $\pm 3\pi/4$ 四种,矢量图如图 7(a)所示。这种四相相移键控的频谱特性比 QPSK 好。在这种调制制度中,相位矢量之间的跳变,最小值也小于 180° ,不会出现 π 的相位跳变。其相位路径如图 7(b)所示。

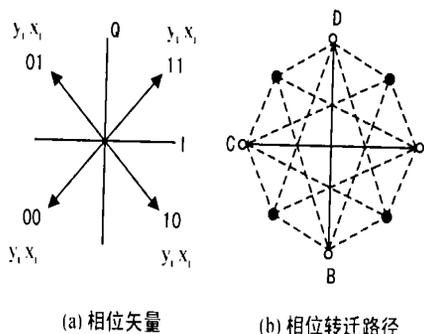


图 7 $\pi/4$ QPSK 相位矢量图及相位变迁路径

五、调制解调新技术

随着技术的发展,又设计出了许多新的调制解调技术。这些崭新的调制解调技术另辟蹊径,突破了传统的理论和模式,在以往调制解调技术的基础

上,不断地更新改进,使传输速率更快,误码率更低。

1. $\pi/2$ BPSK

在 CDMA 移动通信中使用 $\pi/2$ BPSK($\pi/2$ -shift BPSK)调制技术,误比特率与 QPSK 相同,发射功率却比 QPSK 系统小一半。实验表明,它在功耗、恒包络方面比传统的 QPSK、 $\pi/4$ QPSK 和 BPSK 具有更多优势。

2. 扩展相移键控(EPSK)

这种调制技术^[12]的移相超过了传统的 2π 范围(传统的范围是 $0 \sim 2\pi$ 或 $-\pi \sim +\pi$)。传统的调制技术如果增加信号点就需要减少信号点与信号点之间的距离。假如要使数据传输率从一次传送 2 位增加到 3 位,那么星座图中就增加了 4 个点,也就是说信号点与信号点之间的间距从 90° 变成 45° 。这样当出现噪声时,会增加传输的误码率。因此增加信号点与减少信号点之间的间距构成了一对矛盾。EPSK 就是在这种构思下产生的。采用 EPSK,我们可以随意加入新的信号点: $405^\circ, 495^\circ, 585^\circ$ 和 675°而不必减少信号点与信号点的间距。

3. FQPSK

在无线通信中,人们希望已调信号具有恒幅包络,从而可以不影响频谱地使用放大器,有利于提高发射机的功率。FQPSK^{[12][13]}就是在这种目的下产生的。如果使用 QPSK 进行调制,在信号切换时,走的是对角线,不能保持恒包络。而 FQPSK 在信号切换时走的是圆周,保持了恒包络,这样就可以提高发射机的功率。

六、结 论

调制解调技术的发展历史由来已久。从模拟调制到数字调制,从二进制调制发展到多进制调制,虽然调制方式多种多样,但都是朝着一个方向发展:使通信更高速和更可靠。未来 10 年将是世界电信史上技术发展最活跃的时期,技术的发展是如此之惊人,以至谁都无法准确描述未来信息通信技术的发展,但有一点是肯定的,那就是信息化正以前所未有的速度渗透到人类社会的各个方面,深刻地改变着人类的生存环境。

参 考 文 献

- [1] 李建新等. 现代通信系统分析与仿真[M]. 西安电子科技大学出版社, 2000

- [2] 曾志民. 现代调制解调器原理及其应用[M]. 人民邮电出版社,1995
- [3] 汤吉群,张志民,李玲等. 数据通信技术[M]. 人民邮电出版社,1999
- [4] 徐少华. 现代调制解调器技术探讨与分析[J]. 天津理工学院学报, 1998,(3)
- [5] 范志荣. 高速接入技术 ADSL [J]. 电子展望与决策, 1999,(2)
- [6] 王世顺. 移动通信与应用(第二版)[M]. 人民邮电出版社,1995
- [7] Theodore S. Rappaport. Wireless communication principle & practice[M]. Prentice Hall International . Inc. 电子工业出版社, 1999
- [8] Yarden Arar Internet Anywhere <http://www.pcworld.com/news/article>
- [9] Tom Spring Sprint Launches Wireless Broadband <http://www.pcworld.com/news>
- [10] Cameron Crouch Who Needs Wires , Anyway ?<http://www.pcworld.com/news>
- [11] Lincoln Spector Share a High - Speed Net Connection - Wirelessly <http://www.pcworld.com/news>
- [12] Earl W. McCune ,Jr&Michael A. Soderstrand Digital Signal Process For Extended Phase - Shift Keying (EPSK) —A New Modulation Scheme
- [13] Michael A. Soderstrand&Seoul Korea Technology Breakthroughs And New Modulation Schemes Lead the way to G-gabit Wireless Communication

Digital Modulation & Demodulation Technology and Its Application Research Progress

PAN Li , GUO Dong - hui , JI An - ni , LIU Rui - tang

(Institute of Technical Physics ,Xiamen University ,Xiamen 361005 ,China)

Abstract :In this paper , the basic theory of digital modulation/ demodulation technology is presented , followed by m - nary modulation. Then new application of modulation/ demodulation is technology investigated. Finally , some new modulation schemes and their developing trend are covered.

Key words :Digital communication ;M - nary modulation/ demodulation ; Access technology ;Application

首信欲在国内上市 A 股

首信目前正在进行第二次创业,确定了移动通信、数据网络、宽带设备为产业的三个支撑点,但需要通过资本市场融资来推动这三大产业发展。首信总裁杨廉斯女士表示,首信并不是为了资金的需求而做融资,因为首信手中并不缺少现金,而是为得到一些资源需求而融资,资金需求是资源需求之一,所以首信希望通过上市来使资源得到合理配置以促进企业发展。

杨廉斯透露,首信为上市专门成立了一个叫“北京首信股份有限公司”的企业,已完成工商注册登记,改制计划书也递交给国家经贸委。她估计,经贸委会在近日批复下来。上市公司的资产主要是其合资公司——北京诺基亚股份有限公司中的中方股权,所占上市公司资产的 50%,其它资产部分包括首信本身的移动通信系统、移动电话、IP 等新产业。上市公司未来的发展方向和主营业务以移动通信为主,还辅以其他的一些数字网络的一些产品。

首信的 3G 研究方向是 CDMA2000 和 WCDMA。在 CDMA2000 上,首信已取得一定进展,预计窄带的 CDMA 在年底就可以投入商用;在 WCDMA 方面,杨廉斯说首信还处于准备阶段,没有全面进入。

首信的上市时间计划是明年 5 月或 9 月,上市地点是沪市 A 股,融资额度和拟发行股数还在酝酿中。

(金典)